

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова»**

**ВЫРАЩИВАНИЕ РЫБЫ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ
методические рекомендации**

Направление подготовки
Водные биоресурсы и аквакультура

Саратов 2024

УДК 639.3.04(075.8)

ББК 47.28

В 92

Рецензенты:

Директор «Тепловский рыбопитомник» филиал ФГУП «Национальные рыбные ресурсы»
Чекмарев Д.А.

Врио заведующего лабораторией аквакультуры Саратовского филиала ФГБНУ «ВНИРО»,
старший научный сотрудник, кандидат биологических наук
Кияшко В.В.

Составители:

Гуркина О.А., Руднева О.Н., Рубанова М.Е.

Выращивание рыбы в установках замкнутого водоснабжения: методические рекомендации
для обучающихся направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура» / сост.:
Гуркина О.А., Руднева О.Н., Рубанова М.Е. – Саратов: Саратовский источник, 2024. – 62 с.

Методические рекомендации

«Выращивание рыбы в установках замкнутого водоснабжения»
для направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура»

ISBN 978-5-6051928-4-8

Цель данных методических рекомендаций- способствовать развитию и совершенствованию практических навыков обучающихся. При этом предполагается, что методические рекомендации будут служить дополнительным материалом при рассмотрении теоретических вопросов по выращиванию рыбы в установках замкнутого водоснабжения.

Методические рекомендации позволяют приобрести практические навыки по выращиванию рыбы и эксплуатации УЗВ.

УДК 639.3.04(075.8)

ББК 47.28

ISBN 978-5-6051928-4-8

Введение

Строгие экологические ограничения, направленные на минимизацию загрязнений от рыбоводных заводов и аквакультурных хозяйств в различных странах мира послужили стимулом к быстрому технологическому развитию установок замкнутого водоснабжения (УЗВ). Кроме того, рециркуляция воды обеспечивает более высокое и стабильное производство продукции аквакультуры с меньшим риском возникновения болезней, а также предоставляет лучшие возможности для контроля параметров, влияющих на рост гидробионтов в инкубационных цехах.

Аквакультура в установках замкнутого водоснабжения является технологией для выращивания гидробионтов с повторным использованием воды для целей производства. Данная технология основана на применении механических и биологических фильтров и может использоваться для выращивания любых объектов аквакультуры, например, рыб, креветок, двустворчатых моллюсков и т.д.

Тем не менее, рециркуляционные технологии применяются, главным образом, в рыбоводстве.

УЗВ используются в широком спектре производственных единиц: от огромных промышленных предприятий, производящих несколько десятков и сотен тонн рыбы в год, до небольших специализированных систем, используемых для пополнения запасов или спасения исчезающих видов.

Тема 1. Устройство системы установки с замкнутым циклом водоснабжения. Основные узлы, комплектация, оборудование

Цель работы: изучить устройство системы установки замкнутого цикла водоснабжения, ее основные узлы, комплектацию и оборудование.

УЗВ представляет собой замкнутую систему, предназначенную для поддержания оптимальных условий жизнедеятельности водных организмов (рис.1). Применение УЗВ в промышленном рыбоводстве дает ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с классическими методами, такими как выращивание рыбы в прудах.

В последнее время использование УЗВ в промышленном рыбоводстве – наиболее перспективная мировая тенденция.

Принцип работы установки заключается в круговом движении воды между ее элементами, каждый из которых обеспечивает поддержание параметров жизнеобеспечения в заданных пределах.



Рисунок 1. Схема установки с замкнутым циклом водоснабжения

1. *Бассейн* представляет собой одну или несколько емкостей для содержания рыбы. Бассейн должен обеспечивать возможность быстрого удаления отходов жизнедеятельности организмов, свободного обзора, а также исключать травмы рыб из-за шероховатостей поверхности или углов конструкции (рис.2).

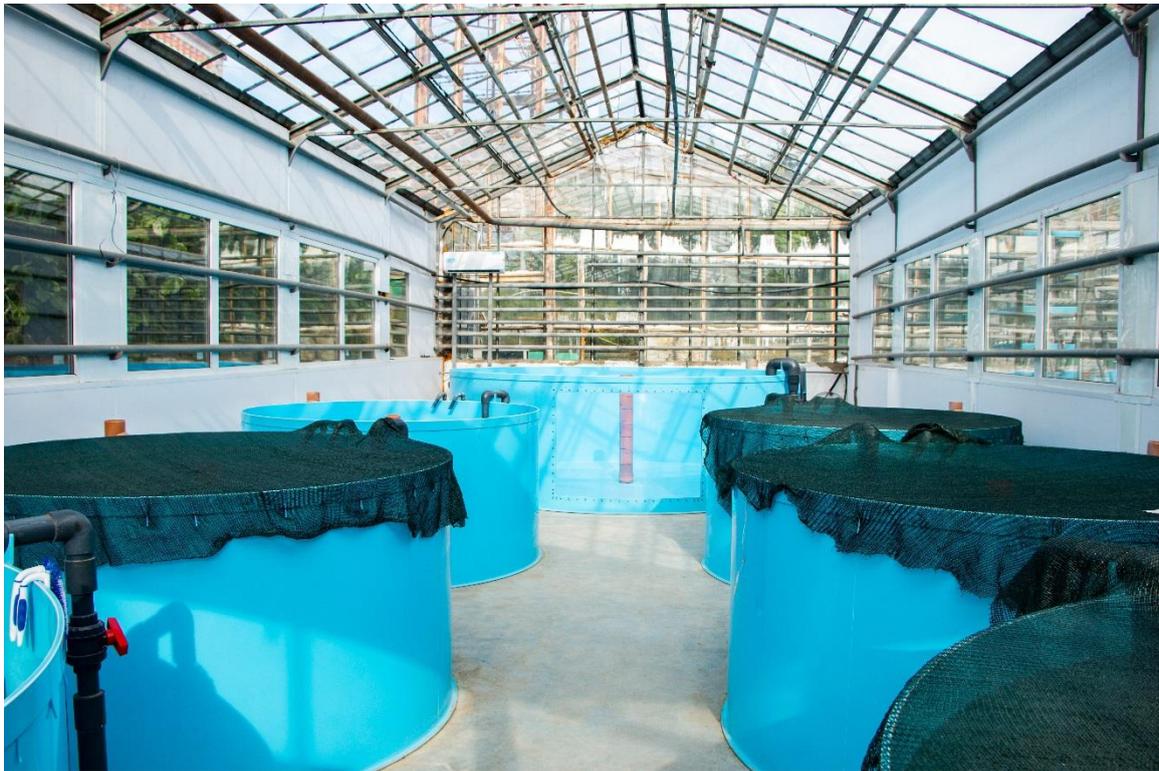


Рисунок 2. Бассейны

2. *Механический фильтр* служит для грубой очистки воды от нерастворимых примесей крупной и средней фракции (рис. 3). Механический фильтр не только очищает воду, но и служит защитным барьером для биофильтра.



Рисунок 3. Механический фильтр

3. *Биологический фильтр* (рис.4) применяется для создания среды обитания микроорганизмов, участвующих в природном круговороте веществ водоема. Биофильтр представляет собой каскад проточных емкостей, наполненных камешками, полимерной крошкой или другими видами нейтральных к воде частиц неправильной формы. На поверхности этих частиц живут микроорганизмы, активно поглощающие и разлагающие продукты жизнедеятельности рыб, растворенные в воде, в первую очередь нитриты.



Рисунок 4. Биологический фильтр

4. *Промежуточный бак* служит для подмешивания свежей воды, компенсирующей испарение. Различные химические добавки, применяемые для поддержания гидрохимического баланса воды, также вводятся на этом узле.

5. *Водяной насос* создает напор воды в системе, обеспечивая ее круговорот. Он необходим также для работы наиболее производительных установок насыщения кислородом (рис. 5).



Рисунок 5. Водяной насос

6. Установка насыщения кислородом монтируется непосредственно при высокой плотности посадки рыбы в бассейне, так как дополнительное насыщение кислородом - один из важнейших аспектов работы УЗВ (рис. 6). Установка насыщения кислородом монтируется непосредственно перед бассейном, чтобы обеспечить требуемый уровень насыщения данным газом.



Рисунок 6. Оксигенатор

Обеззараживание. В большинстве УЗВ комплексов используется двухступенчатое обеззараживание воды с переменным применением двух

методов очистки. Сначала производится облучение ультрафиолетовыми лампами. На втором этапе вода озонируется. Все эти манипуляции максимально снижают вероятность попадания в бассейны опасных микроорганизмов.



Рисунок 7. Озонатор

Подогрев и оксигенация. В процессе очистки вода охлаждается, поэтому перед подачей в резервуар с рыбой ее следует нагреть до необходимой температуры, также требуется обогатить воду кислородом. В воде, которая насыщена кислородом рыба меньше тратит энергии на процесс дыхания и, следовательно, быстрее растет.

Таким образом, слаженная работа всех узлов установки замкнутого водоснабжения обеспечивает поддержание всех параметров среды в оптимальных границах, что позволяет получать гидробионтов требуемого качества в кратчайшие сроки.

Контрольные вопросы

1. Кратко охарактеризуйте основные узлы УЗВ.
2. Перечислите основные функции механического и биологического

фильтров.

3. Сформулируйте назначение промежуточного бака и водяного насоса.

4. Где монтируется установка насыщения кислородом?

Список литературы

Основная литература

1. Комлацкий В.И., Комлацкий Г.В., Величко В.А. Рыбоводство: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с.

2. Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с.

Дополнительная литература

1. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.

2. Власов, В. А. Рыбоводство: учебное пособие / В. А. Власов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 352 с.

Тема 2. Основы эксплуатации УЗВ

Цель работы: изучить основы эксплуатации УЗВ.

Преимущества использования УЗВ по сравнению с другими технологиями выращивания:

1. Полный контроль технологического процесса. Обслуживающий персонал современного рыбоводческого хозяйства, оснащенного автоматизированными средствами контроля, своевременно отслеживает гидрохимическое состояние воды, поведение и здоровье рыбы, точно дозирует корма и способен, таким образом, существенно повысить прирост товарной продукции.

2. Независимость от природных условий. УЗВ предоставляет уникальную возможность выращивать требуемые породы рыб в любой климатической зоне. Более того, контролируя температуру воды, рыбовод получает возможность варьировать количество градусо-дней, добиваясь максимальной скорости роста рыбы.

3. Минимальный расход воды. Для промышленного предприятия забор и сброс воды в природные водоемы может существенно сказаться на себестоимости конечной продукции. Технология с использованием УЗВ позволяет расходовать 100 – 500 литров воды на 1 кг выращенной рыбы.

4. Экологическая чистота. При формировании рынка сбыта данный фактор способен стать определяющим. Полный контроль гидрохимии воды, кормов и здоровья рыбы исключает возможность накопления в товарной продукции вредных для здоровья человека веществ.

5. Экономичность. Помимо минимального расхода воды, УЗВ способна существенно снизить затраты на корма, предоставляя все условия для контроля их поедания. За счет циклического использования воды экономятся энергоносители на ее подогрев.

6. Контроль заболеваний. Значительно легче оградить популяцию рыб от паразитов и инфекций, так как контакт с внешней средой отсутствует. Если заражение все же произошло, проведение комплекса мероприятий по лечению

и изоляции зараженных особей провести значительно легче, чем в открытых водоемах.

7. Увеличение товарной продукции. В условиях УЗВ отсутствие хищников и других вредных факторов природной среды обуславливает высокий процент выживаемости малька. Разделение рыб по видам и возрастным группам позволяет создать оптимальные условия для жизнедеятельности. При получении икры от осетровых хирургическим путем условия УЗВ позволяют провести все работы с соблюдением необходимых гигиенических норм и, таким образом, сделать период реабилитации самок более коротким и безопасным.

8. Применение интенсивных технологий выращивания. Осетровые рыбы, например, русский осетр, достигает половой зрелости в природных условиях минимум на 8-м году жизни. Создавая имитацию сезонных колебаний температуры в природе, процесс полового созревания можно ускорить минимум вдвое.

Получение половых продуктов осетровых без умерщвления позволяет создать маточное стадо, постоянно производящее посадочный материал для товарного выращивания. Инициация нереста при помощи гипофизарных инъекций обеспечивает планирование получения полового продукта по мере необходимости.

Насыщение воды кислородом в УЗВ позволяет добиться высокой плотности посадки по сравнению с другими технологиями рыбоводства:

- без насыщения 20 кг/м³;
- насыщение воздухом 40 кг/м³;
- насыщение кислородом 60-80 кг/м³;
- насыщение кислородом более 25 мг О₂/л свыше 80 кг/м³.

Основные показатели, определяющие качество воды в УЗВ и их нормы, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Нормы качества воды при выращивании рыбы в УЗВ

Показатели	ОСТ для поступающей воды	Технологические нормы	Кратковременно-допустимые значения
Взвешенные вещества, мг/л	до 10	до 30	-
pH	7,0-8,0	6,8-7,2	6,5-8,5
Нитриты, мг/л	До 0,02	До 0,1-0,2	До 1
Нитраты, мг/л	2-3	До 60	100
Аммонийный азот, мг/л	1,0	2-4	До 10
Аммиак свободный, мг/л	До 0,05	До 0,05	До 0,1
Окисляемость бихроматная, мг O ₂ /л	До 30	20-60	70-100
Окисляемость перманганатная, мг O ₂ /л	До 10	10-15	До 40
Кислород на выходе из рыбоводных бассейнов, мг/л	—	5-12	2-3
Кислород на выходе из биофильтра, мг/л	—	4-8	Не менее 2

Необходимо соблюдать осторожность при высокой плотности посадки рыбы, даже кратковременные перебои в работе установки насыщения кислородом могут сказаться катастрофически. В зависимости от плотности посадки и температуры воды полный отход рыбы может произойти в течение считанных минут.

Переход от традиционного рыбоводства к УЗВ значительно меняет распорядок дня и навыки, необходимые для управления хозяйством. Специалист-рыбовод должен осуществлять управление как рыбой, так и водой, а задача управления водой и поддержания ее качества становится такой же важной, как уход за рыбой.

Механизм, работает непрерывно, в течение 24 часов в сутки. Надзор за всей системой позволяет рыбоводу в любое время иметь доступ к информации о состоянии системы, а в случае чрезвычайных ситуаций он будет вызван системой аварийной сигнализации.

Наиболее важные рабочие задачи и процедуры перечислены ниже.

На практике возникает также много других дополнительных деталей, но необходимо ясно видеть общий распорядок. Очень важно составить контрольный список всех задач, выполняемых ежедневно, а также контрольные

списки задач, реализуемых через более длинные промежутки времени.



Рисунок 8. Верхняя поверхность капельного фильтра

Требования к оборудованию для систем УЗВ

- соответствие параметров оборудования нормативным и биологическим требованиям объектов выращивания;
- экономичность работы (эксплуатационные расходы);
- длительность эксплуатации (10-15 лет, или срок жизни проекта);
- минимальное и мало затратное сервисное обслуживание в процессе эксплуатации;
- доступность сервисного обслуживания;
- невозможность использования «аналогичного» оборудования для аквариумов, плавательных бассейнов и прудов с карпами кои, как не соответствующего, плотностям посадки и качеству обработки оборотной технологической воды УЗВ. Так как использование подобного оборудования приводит к банкротству предприятия.

Ежедневно или еженедельно специалист осуществляет:

- визуальный контроль поведения рыб;
- визуальный контроль качества воды (прозрачности/ мутности);
- проверка гидродинамики (течения) в бассейнах;
- проверка выдачи кормов кормушками;
- удаление и учет мертвых рыб;
- промывка водосбросов бассейнов, если они снабжены вертикальными трубами;
- очистка мембраны датчиков кислорода;

- регистрация концентрации кислорода в бассейнах;
- проверка уровней воды в насосах;
- проверка форсунок, подающих воду на механические фильтры;
- регистрация температуры;
- проведение анализов на аммиак, нитриты, нитраты, рН;
- регистрация объемов используемой подпиточной воды;
- проверка давления в кислородных конусах;
- проверка работоспособности УФ-ламп;
- регистрация потребления электричества (кВт/ч);
- активация системы сигнализации.

Еженедельно или ежемесячно специалист осуществляет:

- чистку биофильтров согласно инструкции;
- слив конденсационной воды из конденсатора;
- проверку уровня воды в промежуточном баке;
- проверку уровня, оставшегося в кислородном баллоне O₂;
- калибровку рН-метра;
- калибровку кормушек;
- калибровку датчиков кислорода в рыбоводных бассейнах и в системе,

проверку сигнализации – проведение сигнализационных тестов;

- проверку работоспособности аварийной подачи кислорода во всех бассейнах;

- проверку всех насосов и моторов на предмет сбоев и шумов;
- проверку генераторов и их контрольный запуск;
- проверку работы вентиляторов капельных фильтров;
- смазку элементов и подшипников механических фильтров;
- поиск застойных зон в системе и принятие мер предосторожности;
- проверку фильтров – в них не должно наблюдаться шлама.

Раз в 6–12 месяцев:

- чистка УФ-стерилизатора, смена ламп раз в год;
- замена масла и масляных фильтров в компрессоре;

- проверка чистоты внутренней части (приямка) охладительных башен;
- в случае необходимости, тщательная чистка биофильтра;
- замена электролита, цинка и мембраны в датчиках кислорода;
- промывка форсунок фильтров.

Управление УЗВ требует постоянной регистрации и регулирования параметров для достижения идеальной среды для объектов выращивания. Для каждого рассматриваемого параметра существуют определенные, биологически обоснованные пределы.

Таблица 2 - Оптимальные уровни различных физических и химических параметров качества воды в УЗВ

Параметр	Единица измерения	Норма	Неблагоприятный уровень
Температура	°С	Зависит от вида	
Кислород	%	70–100	< 40 и > 250
Азот	% насыщения	80–100	> 101
Углекислый газ	мг/л	10–15	> 15

На протяжении цикла производства каждое отделение хозяйства отключается и запускается снова с новой партией рыб. Эти изменения влияют на всю систему, но наиболее чувствительным к ним является биофильтр. Колебания наблюдаются также во многих других параметрах. В некоторых ситуациях параметры могут достичь неблагоприятных или даже токсичных для рыб уровней. Поэтому нужно внимательно следить за параметрами системы.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте основные преимущества использования УЗВ.
2. Перечислите основные качественные характеристики воды.
3. Поясните требования к оборудованию для систем УЗВ
4. С какой периодичностью выполняются процедуры по контролю и обслуживанию работы УЗВ?

Список литературы

Основная литература

1. Комлацкий В.И., Комлацкий Г.В., Величко В.А. Рыбоводство: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с.
2. Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с.

Дополнительная литература

1. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.

Тема 3. Принцип эксплуатации установок замкнутого водоснабжения

Цель работы: ознакомиться с принципами эксплуатации установок замкнутого водоснабжения.

Название «установки замкнутого водоснабжения» в буквальном смысле подразумевает полную регенерацию воды и использование ее бесконечное количество раз для целей водоснабжения рыбоводных емкостей. УЗВ должны быть бессточными.

Комплексом оборудования УЗВ производится:

- полная очистка воды от органических загрязнений в процессе выращивания рыбы;
- восстановление химического, в том числе газового режима воды;
- поддержание ее санитарного состояния (микробной обсемененности) на достаточном, безопасном для объектов культивации уровне;
- обеспечение необходимого температурного режима для максимальной эффективности производства.

Потребность в свежей воде для таких установок определяется только потерями воды на испарение, с удаляемыми из системы отходами в виде рыбоводного осадка, на протечки в системе оборудования и на прочие, не связанные с качеством воды, цели (например, на заполнение транспортных емкостей при отгрузке продукции). Обычная потребность таких установок в подпитке воды на пополнение потерь составляет от 2 до 5 % общего объема воды в системе за сутки.

В случае применения УЗВ для выращивания рыбы главным процессом биологической регенерации химического состава воды является освобождение оборотной воды от основного лимитирующего компонента - соединений азота, поступающих в систему в результате жизнедеятельности выращиваемой рыбы. При этом, на стадии аэробной биологической очистки, производится перевод азота органических соединений в виде экскрементов и не съеденных и размытых кормов в неорганическую форму (аммонийный азот), перевод аммонийного азота, образующегося в процессе разложения органических

загрязнений и выделяемого рыбой при отравлении физиологических функций через жабры, почки и кожные покровы, в нитритную (недоокисленную) форму, а затем в нитратную. Этапы превращения азота выполняются разными группами микробного населения биопленки устройств биологической очистки. На этом процесс аэробного превращения азотных соединений заканчивается.

Дальнейшее превращение нитратов в газообразный свободный азот производится факультативными анаэробными бактериями в условиях ограниченного количества кислорода. Этот процесс называется денитрификацией, выполняется в специальных устройствах (денитрификаторах) и требует обеспечения энергетического питания данной группы бактерий путем подачи в систему мелассы, этанола. Обеспечение денитрифицирующих бактерий энергией может происходить и за счет органического вещества, присутствующего в поступающей на очистку воде. Газообразный азот поступает в окружающую атмосферу.

Полносистемные УЗВ в настоящее время не получили широкого применения в промышленном производстве продукции аквакультуры. Связано это с тем, что процессы денитрификации требуют очень строгого соблюдения условий для эффективной работы оборудования. Процессы денитрификации могут проходить по нескольким схемам, в большинстве из которых происходит образование очень ядовитых и дурно пахнущих промежуточных и конечных продуктов процесса. При малейшем отклонении от необходимого режима работы денитрификаторов эти вещества могут привести к полной гибели выращиваемых объектов. Денитрификация на современном уровне освоения технологий этого процесса сложна в управлении и не может гарантировать устойчивых результатов работы систем УЗВ.

Все другие системы, в которых отсутствует конечный процесс анаэробной денитрификации оборотной воды, в принципе называться УЗВ не могут. В них процесс переработки азотных соединений заканчивается на стадии нитратов, которые накапливаются в оборотной воде. И снижение их содержания до безопасного для объектов культивации уровня в таких системах производится

методом разбавления за счет подачи свежей воды с минимальным содержанием нитратов. При этом удаляется часть оборотной воды с высоким содержанием нитратов.

Тем не менее, в рыбохозяйственной практике системы оборотного водоснабжения с биологической очисткой воды, которые не имеют в составе оборудования денитрификаторов, называют УЗВ. Как в России, так и за рубежом, принято УЗВ называть системы, в которых подпитка свежей воды не превышает за сутки 30 % объема оборотной воды. Этот термин способствует более легкому согласованию проектов с властными органами, в компетенции которых находятся отношения проектируемых производств с окружающей средой.

В УЗВ происходит полная регенерация оборотной воды по соединениям азота, а подпитка воды устраняет только механические невозвратные потери. Такие системы работают в бессточном режиме.

В системах только с аэробной биологической очисткой процесс превращения азотных соединений останавливается на стадии нитратов. Поэтому важнейшей функцией подпитки свежей воды в таких системах является поддержание их содержания на безопасном уровне. В этой связи надо понимать, что указываемые зачастую в рекламных материалах показатели уровня замены воды в таких системах на конкретном уровне – 5 – 10 % в сутки не совсем корректны.

Уровень подпитки зависит от нагрузки системы по внесению кормов, и чем больше эта нагрузка (или плотность содержания рыбы), тем быстрее идет накопление нитратов и соответственно, тем больший уровень подпитки требуется. То есть одна и та же система может работать как при 5 % подпитке, так и 15 % и больше в зависимости от нагрузки в тот или иной период.

В дальнейшем под термином УЗВ рассматривают современные индустриальные рыбоводные системы с применением только аэробной биологической очистки.

Основные компоненты оборудования систем УЗВ.

Принципиальная схема УЗВ состоит из следующих элементов:

- рыбоводные емкости (бассейны);
- трубопроводы с запорной и регулирующей арматурой для подачи воды в рыбоводные бассейны и стока;
- загрязненной воды на систему очистки;
- устройства механической очистки оборотной воды;
- устройства аэробной биологической очистки воды;
- вторичные механические фильтры, устанавливаемые после устройств биологической очистки воды;
- устройства для обеззараживания или снижения уровня бактериальной обсемененности оборотной воды;
- устройства для аэрации или оксигенации оборотной воды;
- оборудование для регулирования pH;
- система подпитки свежей воды;
- система терморегуляции (подогрева или охлаждения);
- контрольно-регулирующая аппаратура.

Кроме оборудования в составе одной или нескольких рыбоводных установок, имеется также общее для всех установок оборудование, которое обеспечивает поставку электроэнергии, воды, тепла, кислорода или воздуха, а также обрабатывает стоки рыбоводных систем. Необходимо кратко остановиться на оборудовании в составе рыбоводных установок.

Рыбоводные бассейны бывают разной формы, габаритов, выполняются из различных материалов в соответствии с биологическими требованиями объектов культивации в разные периоды жизни, финансовыми возможностями и пожеланиями заказчика. Главные требования к бассейнам:

- они должны обеспечивать условия содержания гидробионтов (это скорость водообмена, глубина воды в бассейнах, скорость течения воды);
- способствовать выносу экскрементов;
- качество поверхности дна и стенок бассейна не должно способствовать накоплению обрастаний и органических загрязнений;

- конструкция и габариты бассейнов должны быть удобными для обслуживания и эксплуатации;

- материалы, используемые для изготовления относительно долговечны, со сроком службы не менее 10 лет, за исключением пленочных и тканевых материалов в связи с небольшой их стоимостью.

Трубопроводы и запорно-регулирующая арматура в современных системах изготавливаются из некоррозирующих синтетических материалов: полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и других пластиков. Они характеризуются долговечностью, высоким качеством внутренней поверхности, не оказывают влияния на качество воды, легко монтируются.

Для первичной механической очистки воды после рыбоводных бассейнов применяются в основном барабанные фильтры, которые компактны, способны удалять из оборотной системы взвеси от 15 микрон, работают в автоматическом режиме, удаление загрязнений производится в непрерывном режиме. Отстойники не получили развития из-за своих габаритов: они должны вмещать не менее 25 % объема воды в системе. Механические засыпные фильтры также не получили развития как из-за больших габаритов, так и из-за трудностей обслуживания, которое заключается в периодической обратной промывке фильтрующего слоя.

Аэробная биологическая очистка, как правило, производится с помощью биологических фильтров разной конструкции. В основном применяются капельные (орошаемые) биофильтры с загрузкой разных модификаций. В последнее время преимущество отдается биофильтрам псевдокипящего слоя, в которых биозагрузка в виде сыпучих элементов с большой удельной площадью поверхности (до 800 м²) постоянно находится во взвешенном состоянии за счет интенсивной продувки водяного слоя воздухом и активно перемешивается. Одним из вариантов такого принципа устройства биофильтров являются песочные фильтры, песок имеет площадь поверхности около 10 тысяч м². Правда, они в основном применяются при культивировании холодноводных рыб (лососевые), и имеется информация, что на более теплолюбивых рыбах их

эффективность не очень высока. Встречаются случаи применения песочных биофильтров при выращивании осетровых рыб в Финляндии (г. Иматра).

Вторичные механические фильтры устанавливаются после прохождения оборотной водой устройств биологической очистки. Их назначение – удалять взвешенные вещества, проскочившие предыдущие стадии обработки воды, а также частицы отмирающей биопленки биофильтров. В принципе можно устанавливать барабанные фильтры, но, из-за их конструктивных особенностей, в этом случае создаются определенные сложности в вертикальной компоновке оборудования системы в целом и увеличиваются энергозатраты на перемещение воды за счет увеличения высоты подъема воды. В основном применяются объемные фильтры с загрузкой фильтровальных элементов и направлением движения воды снизу-вверх. При использовании биофильтров с псевдокипящим слоем на выходе воды из него устраивается дополнительная секция, где биозагрузка с отрицательной плавучестью находится в неподвижном состоянии. Такие устройства, кроме выполнения функции механического фильтра, служат биофильтрами второй очереди. Естественно, что для их эффективной работы в качестве биофильтра вода в них должна иметь достаточную насыщенность растворенным кислородом во избежание преобладания денитрифицирующих процессов.

Особенностью объемных засыпных вторичных фильтров является необходимость их периодической промывки для удаления накапливающейся органики в виде взвешенных веществ и отмирающей биологической пленки биофильтров.

Устройства для регулирования бактериальной обсемененности оборотной воды необходимы для снижения ее уровня до величин, обеспечивающих комфортные условия культивирования разводимых объектов на разных стадиях выращивания. Обычно для этих целей используются обеззараживающие установки с ультрафиолетовыми бактерицидными лампами, озонирование воды или их совместное воздействие на микрофлору оборотной воды. При этом уровень мощности ультрафиолетового облучения или воздействия озона не

должен обеспечивать полную стерильность оборотной воды. Выращивание рыбы в стерильных условиях снижает ее иммунитет, и перевод такой рыбы из систем УЗВ на товарное выращивание в традиционные рыбоводные хозяйства зачастую бывает плачевным.

Оксигенация оборотной воды является одним из важнейших условий применения технологий УЗВ. Кроме эффекта увеличения плотности содержания культивируемых объектов производства на единицу площади или объема рыбоводных емкостей, оксигенация резко снижает гидравлические потоки и объем воды в системе. Это напрямую влияет на габариты таких установок, в разы снижает энергозатраты на обеспечение работы систем УЗВ и, в конечном счете, определяет их экономическую конкурентноспособность с хозяйствами другого типа.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды работ, которые осуществляет комплексом оборудования УЗВ.
2. Перечислите основные этапы механической очистки воды.
3. Поясните сущность биофильтрации.
4. Опишите типы фильтров, применяемых в УЗВ.

Список литературы

Основная литература

1. Комлацкий В.И., Комлацкий Г.В., Величко В.А. Рыбоводство: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с.
2. Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с.

Дополнительная литература

1. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.

2. Власов, В. А. Рыбоводство: учебное пособие / В. А. Власов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 352 с.

Тема 4. Принципы проектирования УЗВ

Цель работы: освоить принципы проектирования УЗВ.

Универсальной теоретической базы для проектирования УЗВ, которая была бы пригодна для любых видов рыб, в настоящее время не существует. Основные закономерности получены в основном экспериментальным путем на основе опыта выращивания тех или иных видов рыб. При этом, в большинстве случаев для пресноводных систем данные базируются на результатах, полученных при выращивании лососевых рыб, а из них – на выращивании форели.

Выведены определенные закономерности по росту рыбы в системах УЗВ, кормовые коэффициенты, количество выделяемых взвешенных веществ, органических и неорганических загрязнений, поступающих в воду при физиологических отправлениях выращиваемой рыбы. На опыте выращивания разновозрастной радужной форели и близких к ней видов лососевых рыб отработаны нормативы удаления загрязнений при механической фильтрации, необходимая площадь поверхности биофильтров для переработки загрязнений, выделяемых рыбой при потреблении килограмма кормов, требования к качеству воды в оборотных системах, требуемые режимы обеззараживания оборотной воды, нормы подпитки свежей воды. Практика выращивания в условиях УЗВ других видов пресноводных рыб, биология и температурные условия содержания которых существенно отличаются от лососевых рыб, имеет сравнительно короткую историю и не получила еще широкого распространения. Тем не менее, практика показывает, что при организации выращивания таких видов рыб механически переносить нормы проектирования, полученные на опыте выращивания форели, нельзя.

При выращивании в системах УЗВ осетровых рыб выявлены существенные особенности, которые требуют несколько иных подходов к проектированию составных частей системы по сравнению с лососевыми рыбами. При культивации форели на барабанных фильтрах удаляется до 60% органических загрязнений в виде экскрементов рыбы, не съеденных и

размытых кормов, или так называемого «рыбоводного осадка». При выращивании осетровых этот показатель находится гораздо ниже. Происходит это потому, что экскременты осетровых рыб по своей консистенции рыхлые и легко размываются, да еще вдобавок донная рыба активно способствует их дроблению за счет прямого растирания и создания сильных вихревых течений у дна бассейнов. В результате фракционный состав взвешенных веществ по сравнению с таковым при выращивании форели гораздо мельче, и значительная часть органики проскакивает через микросетки барабанных фильтров. Увеличение органической нагрузки в виде мелких фракций взвеси и в растворенном состоянии на биофильтры вызывает сдвиг состава биопленки в сторону существенного увеличения количества гетеротрофных бактерий, которые переводят азот органических соединений в неорганическую форму - аммонийный азот (NH_4+NH_3). Этот процесс сопровождается значительным сдвигом рН воды в щелочную сторону. При этом угнетаются бактерии - нитрификаторы, переводящие аммонийный азот в нитриты и затем в относительно безопасные нитраты. Эти группы бактерий имеют оптимальные условия для развития и отправления своего назначения в довольно узком диапазоне рН, близком к нейтральным показателям.

Кроме этого фактора, существует другой. В результате усвоения кормов осетровые выделяют в воду в 2 раза больше азотных соединений, чем форель. Эти данные подтверждаются производителями кормов (Коппенс). Происходит это по двум причинам. Во-первых, корма для осетровых содержат больше белка, который и является источником поступления азота. Во-вторых, кормовые коэффициенты при выращивании осетровых в 1,5 раза выше, чем при выращивании форели.

Из-за влияния выше описанных особенностей культивирования осетровых рыб в УЗВ теоретически мощность биофильтров должна увеличиться втрое и больше по сравнению с форелью. Но существует и третий фактор, влияющий на эффективность работы биофильтров – температура оборотной воды, которая при культивировании осетровых рыб находится гораздо ближе к оптимальной

(+25°C), чем при выращивании форели.

В итоге суммарное влияние всех трех факторов приводит к тому, что на практике для поддержания содержания аммонийного азота и нитритов на приемлемом для осетровых рыб уровне по сравнению с форелью при одинаковых плотностях содержания и одинаковой кормовой нагрузке на систему площадь активной поверхности биофильтров необходимо увеличивать в 2 раза.

Характерной особенностью действующих крупных УЗВ для выращивания осетровых рыб как у нас в стране, так и за рубежом, является устойчивый рост реакции среды (рН) оборотной воды по сравнению с таковой в подпиточной воде (Калужский КРОК, Ярославский завод, завод в Голландии). Вызывается это большим поступлением органики на биофильтры. В результате, если по всем канонам теории выращивания рыбы в УЗВ увеличение плотности содержания рыбы приводит к снижению рН даже ниже нейтральных показателей и требуется корректировка кислотности воды путем ввода в оборотную воду щелочей, в осетровых системах требуется обратный процесс снижения рН в сторону нейтральной реакции путем ввода в систему кислоты. При этом это мероприятие имеет очень важное значение.

Общеизвестно, что токсичность аммонийного азота возрастает с ростом рН выше нейтральных показателей за счет увеличения содержания активной его части - свободного недиссоциированного аммиака NH_3 - в суммарном аммонийном азоте. Так, при температуре воды +20°C при нейтральной рН доля аммиака в суммарном аммонии составляет 0,5 %, а при рН 8,0 она увеличивается до 4,7 %, или в почти в 10 раз. Если при нейтральной реакции среды предельное содержание суммарного аммонийного азота без ущерба для выращивания рыбы может достигать порядка 10 мг/л, то при рН равном 8,0 этот порог снижается до 1,1 мг/л. Если при эксплуатации УЗВ не контролировать реакцию среды и не принимать меры к ее нормализации, то может произойти гибель всей рыбы при, казалось бы, нормативном содержании аммонийного азота на вытоке из рыбоводных бассейнов (2,0 мг/л).

Отрицательное влияние роста рН воды в осетровых УЗВ дополнительно заключается в подавлении процессов нитрификации азота, в результате чего в воде растет содержание нитритов – второго по уровню отрицательного воздействия на объекты культивации азотного соединения.

Иными словами, рост показателей рН оказывает отрицательное влияние как на выращиваемую рыбу, так и на эффективность работы биофильтров.

По сравнению с системами для форели, осетровые системы требуют или снижения нагрузок в 2 раза, или соответствующего увеличения мощности биофильтров. Ни то, ни другое не оказывает положительного влияния на уровень начальных инвестиций в реализацию проекта и на его экономическую эффективность. Необходим поиск других технологий, позволяющих обеспечить эффективность осетровых УЗВ на современном достигнутом уровне.

Одним из путей может быть увеличение эффективности удаления взвешенных веществ на первичных механических фильтрах путем установки более мелких сеток. Обычно применяются сетки от 40 микрон, но в принципе есть сетки и 30, и 16 микрон. Однако, практика эксплуатации биофильтров с такими сетками показала, что на рыбоводных системах они неприемлемы – быстро забиваются органическими веществами и жирами в составе кормов и в результате становятся полностью непроницаемыми для воды.

Новым направлением в технологиях УЗВ для осетровых, во многом решающим эту проблему, является расширение функций озона. Раньше применение озона рассматривалось в основном в качестве эффективного обеззараживающего средства. Других задач при применении озонных технологий на форелевых УЗВ не ставилось, поскольку существующие конструкции этих УЗВ обеспечивали достаточно нормальные условия содержания рыбы. Но, кроме этой функции, озон обладает довольно широким спектром положительного воздействия на оборотную воду. Он способен напрямую реагировать с основными лимитирующими промежуточными продуктами переработки азотных соединений – свободным аммиаком и нитритами, переводя их в безопасные соединения. Как сверхагрессивный

окислитель, он способствует прямому окислению органических веществ, в том числе крайне устойчивых гуминовых веществ, переводя их в более простые соединения, которые легче перерабатываются на биофильтрах. При этом, достигается очень высокий эффект снижения содержания органических веществ в оборотной воде, исчезает характерный желто-коричневый цвет оборотной воды. Разложение большинства видов трудно выводимой органики в значительной мере обеспечивает эффект дезодорации воды и тем самым способствует снижению характерного крайне неприятного запаха и привкуса рыбы, выращиваемой в системах с применением биологической очистки воды. Озон способствует коагуляции взвешенных органических веществ, тем самым увеличивая эффект их удаления на механических фильтрах. Иными словами, применение озонных технологий положительно влияет на эффективность основных компонентов систем УЗВ – механических и биологических фильтров, способствует значительному улучшению условий содержания выращиваемой рыбы.

Расширение функций применения озона в УЗВ для осетровых рыб требует серьезного (в десять и более раз) увеличения количественных показателей его подачи, внимательного отношения к технологиям его ввода и принятия технических решений, которые надежно ограждают выращиваемую рыбу от возможного отрицательного воздействия при его переизбытке в оборотной воде. При этом, обязательным условием применения озонных технологий является обеспечение безопасности персонала рыбоводных хозяйств.

В настоящее время значительное внимание озонным технологиям обращают в Германии. Если при выращивании форели подача озона применяется из расчета не более 10 грамм за сутки в расчете на один килограмм заданного в систему корма, то для осетровых систем указываются величины от 2 до 4 грамм озона в час на каждый килограмм заданного корма. Практика применения озона в промышленных системах в России находится на начальном уровне. Наиболее продвинутыми в этом отношении являются Ржевский и Ярославский осетровые заводы, небольшое хозяйство в

Московской области (Красная Пахра). Результаты использования озонных технологий на них показывают очень хорошие результаты.

При выращивании в УЗВ товарной рыбы одним очень неприятным моментом является приобретение ей неприятного илового запаха и привкуса. Вызывается это явление поступлением в воду продуктов жизнедеятельности биопленки биофильтров. В любых системах биологической очистки в той или иной мере происходят процессы денитрификации, если закрыт доступ кислорода к культивируемым бактериям. Происходит это во внутренних слоях биопленки в месте соприкосновения ее с поверхностью биоагрегатных элементов. Кроме того, такой же процесс происходит при обрастании поверхности бассейнов, при накоплении рыбоводного осадка в трубопроводах и в прямках обратного водоснабжения. Если при выращивании рыбопосадочного материала это явление не имеет существенного значения, то при выращивании товарной рыбы в состав оборудования необходимо включать бассейны для отмывки рыбы.

Процесс этот происходит для рыбы в течение 10 - 14 дней, при выращивании рыбы для производства товарной пищевой икры процесс отмывки растягивается на 2 месяца. При эксплуатации таких бассейнов необходимо обеспечить их прямоточное водоснабжение свежей водой или обратное с заменой не менее 50% воды в течение суток. При этом, из системы обратного водоснабжения необходимо исключить любые устройства типа биофильтров, дегазаторов и засыпных фильтров. На их поверхности в неизбежном порядке поселяется бактериальное и водорослевое обрастание, и в течение короткого времени, не более 3 - 4 недель, система теряет способность освобождать рыбу от этого запаха и привкуса. Для снижения потерь массы рыбы в процессе отмывки применяется снижение температуры воды. При производстве товарной икры производится 2-месячная искусственная зимовка, в течение которой происходит как отмывка, так и дозревание рыбы до необходимых кондиций икры - сырца для производства качественной продукции.

Эксплуатация УЗВ требует высокой культуры производства, строгого соблюдения технологической и производственной дисциплины, творческого отношения к обязанностям. Специалистам приходится применять все знания, которые они накопили в процессе среднего и специального образования. Надо помнить, что любые отступления от технологий при выращивании рыбы неизбежно оборачиваются дополнительными нагрузками на системы оборотного водоснабжения. Это касается плотностей содержания рыбы, режима и техники раздачи кормов, бережного обращения с рыбой при пересадках, сортировках и прочих рыбоводных операциях, систематического контроля за качеством оборотной воды и состоянием рыбы. Необходимо помнить, что УЗВ рассчитываются на определенные нагрузки по количеству рыбы и суточной раздаче корма. Большое значение имеет организация дробного кормления, исключение перекорма рыбы и попадания значительного количества не съеденного и размытого корма на оборудование оборотного водоснабжения. Корма имеют по сравнению с экскрементами рыбы совсем другую консистенцию и состав, переработка кормов на биофильтрах идет очень трудно, что может вызывать серьезные сбои. Серьезное внимание необходимо уделять реакции среды. Повышение рН отрицательно действует на физиологическое состояние рыбы, повышает токсичность аммонийного азота и угнетает нитрификацию азотных соединений на биофильтрах. Не следует допускать содержания кислорода в вытекающей из бассейнов воде свыше 100 % насыщения. При прохождении биофильтров лишний кислород отдувается в атмосферу, что приводит к бесполезной перегрузке кислородного оборудования и сокращает ресурс его работы.

Важнейшее значение имеет обеспечение стабильной нагрузки на биофильтры. Биофильтры – живая система, при резком снижении раздачи кормов из-за недостатка питания значительная часть биопленки отмирает, а при резком возрастании раздачи кормов уровень развития биопленки не может обеспечить своевременную переработку возросшего количества загрязнения. Инерционность работы биофильтров предполагает соблюдение плавности

увеличения или снижения нагрузок. Не следует, также, ожидать полной мощности биофильтров сразу после проведения процедуры его запуска в работу. Если система рассчитана, допустим, на 20 тонн рыбы и 200 кг корма в сутки, это не значит, что мы можем после 2-недельной процедуры пуска системы в работу сразу нагрузить модуль полностью рыбой и выдавать 200 кг. кормов. Созревание биофильтров- длительный процесс, и в зависимости от условий может происходить в течение нескольких месяцев, полугода и более длительного времени.

Инженерные службы, со своей стороны, должны понимать сущность процессов, происходящих на системе оборудования оборотного водоснабжения, а не только обеспечивать техническую исправность оборудования.

Необходимо помнить, что остановка работы биофильтров на время, превышающее 3 часа, неизбежно приводит к снижению его производительности. При любых технических сбоях оборудования оборотного водоснабжения информация должна быть доведена до рыбоводной службы для принятия соответствующих решений по корректировке производственного процесса и для повышенного контроля последствий таких сбоев для выращиваемой рыбы. Система УЗВ – это единый комплекс рыбоводных бассейнов и оборудования оборотного водоснабжения, комплекс этот живой и базируется на жизнедеятельности бактерий оборудования биологической очистки воды. Поэтому нормальная его работа обеспечивается при тесном взаимодействии рыбоводной и инженерной служб, которые делают одно дело. При эксплуатации УЗВ нет главных и вспомогательных служб.

Высочайшая интенсификация производственного процесса требует внимательного отношения к физиологическому и эпизоотическому состоянию объектов культивации.

При выборе источников водоснабжения преимущество надо отдавать артезианской воде, даже если она по отдельным параметрам не соответствует требованиям рыбоводства. Обычно это содержание кислорода и общего

железа, реже высокая рН, соленость и содержание аммонийного азота. Последнее относится к нефтеносным районам Сибири, Северо-востока европейской части России. Вопросы нормализации содержания кислорода, железа, рН не составляют технических проблем. Сложнее проблема высокого содержания аммонийного азота. Практически не решается проблема избыточной солености. В любом случае для нормализации вышеперечисленных показателей артезианской воды требуется дополнительное техническое оборудование и определенные затраты. Но это с лихвой компенсируется практически стерильностью артезианских вод и постоянством состава и температуры. Эти моменты позволяют проводить первичную водоподготовку в автоматическом режиме и в любой момент знать, что вода имеет одни и те же постоянные показатели качества.

Открытые водоемы в качестве водоисточников для УЗВ проигрывают из-за непостоянства состава, температуры воды, наличия органики, вероятности залповых их загрязнений и заноса заболеваний рыб.

Наличие и развитие заболеваний во многом зависит от иммунитета выращиваемой рыбы. Поэтому создание благоприятных условий для жизнедеятельности рыбы - отсутствие стрессов из-за высоких плотностей содержания и небрежного обращения с рыбой при выполнении рыбоводных операций, критических гидрохимических показателей, снижение содержания органических веществ в оборотной воде, поддержание чистоты рыбоводных бассейнов, нормативный уровень бактериальной обсемененности воды, ограничение завоза рыбы из сторонних хозяйств - являются главными условиями благополучного эпизоотического состояния производства. На ведущие места в УЗВ выходят болезни индустриальных хозяйств: вспышки заболеваний, вызываемых условно патогенными микробами, проявления вирусных заболеваний, болезни, вызываемые простейшими, алиментарные заболевания из-за применения несоответствующих и недоброкачественных кормов, асфиксия и токсикозы, вызываемые критическими показателями воды по уровню содержания растворенного кислорода, рН, аммонийного азота,

нитритов. Значительный урон, даже для производителей осетровых рыб, может приносить моногенетический сосальщик диклиботриум арматум, борьба с которым в условиях УЗВ не так проста.

Меры борьбы с болезнями рыб, применяемые в проточных системах, не всегда применимы в УЗВ. Проведение кратковременных высококонцентрированных воздействий лечебных препаратов может привести к гибели биопленки биофильтров, а выполнение таких операций в специальных емкостях вне бассейнов крайне трудоемко и нетехнологично. Поэтому применяются умеренные концентрации лечебных препаратов непосредственно в бассейнах при длительной их экспозиции и внесение их в корма.

Применяются также и экологические методы воздействия на возбудителей болезней – создаются условия, при которых они прекращают размножаться или просто не могут существовать. Это температурные воздействия и применение метода повышения солености воды. Соль является довольно универсальным средством и широко применяется, показывая неплохие результаты, в том числе и при применении в профилактическом порядке. Хорошие результаты дает применение формалина, к которому биофильтры довольно устойчивы.

Немаловажное значение для ограничения распространения заболеваний в крупных предприятиях с применением УЗВ имеет модульный принцип компоновки оборудования, когда изолированная группа бассейнов замыкается на самостоятельную, систему оборотного водоснабжения.

Контрольные вопросы

1. Назовите особенности выращивания в УЗВ осетровых и лососевых рыб.
2. Перечислите основные преимущества использования озона для обеззараживания воды.
3. Поясните роль инженерных служб в работе УЗВ.
4. Опишите меры борьбы с болезнями рыб в УЗВ.

Список литературы

Основная литература

1. Комлацкий В.И., Комлацкий Г.В., Величко В.А. Рыбоводство: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с.

2. Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с.

Дополнительная литература

1. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.

2. Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры: учебник / Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова, О. Е. Гончаренок, К. А. Молчанова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 416 с.

Тема 5. Экономические аспекты строительства и эксплуатации УЗВ

Цель работы: ознакомиться с экономическими аспектами строительства и эксплуатации УЗВ.

Первоначальные инвестиции в строительство УЗВ находятся на высоком уровне, эксплуатационные расходы также выше относительно других рыбоводных систем, эксплуатация УЗВ требует высококвалифицированных как инженерных, так и рыбоводных специалистов. Все это определяет более высокую себестоимость продукции. По этой причине УЗВ используются, в основном, для стабильного круглогодичного производства высококачественного рыбопосадочного материала с последующим выращиванием товарной рыбы в комбинации с другими, менее затратными технологиями. При таком производстве применение УЗВ трудно переоценить.

Товарное пищевое производство с применением технологий УЗВ организуется в основном в климатических районах, позволяющих эксплуатировать хозяйства открытого типа (без строительства здания). При этом, набор объектов выращивания ограничивается высокоценными видами рыб, имеющими высокие цены реализации и устойчивый спрос.

Климатические условия России имеют очень ограниченные территории, где возможно размещение открытых систем для организации производства товарной пищевой рыбы, или такие системы должны базироваться на теплых стоках крупных предприятий энергетики и тяжелой промышленности. Во всех остальных случаях требуется строительство утепленных зданий, организация отопления в холодный период времени, устройство систем вентиляции, освещения. Все это удорожает стоимость предприятий в 2 раза по сравнению с открытыми системами, соответственно, возрастают и эксплуатационные расходы. По этой причине для России вопрос выбора объектов выращивания и расчет необходимой производственной мощности в случае организации производства конечной пищевой продукции выходит на первое место. Спектр видов рыб, товарное производство которых экономически целесообразно, сужается до радужной форели и близких к ней видов,

производство которых лежит близко к уровню безубыточности, возможно, некоторых сиговых (муксун, паляя), более прибыльным является выращивание осетровых. Наиболее реальным вариантом является культивация осетровых рыб с целью производства пищевой икры.

При организации товарного производства рыбы на мясо большое значение имеет объем производства.

Товарное производство рыбы имеет смысл при объемах от нескольких сотен тонн, когда вы сможете быть гарантированным поставщиком продукции. Основными преимуществами УЗВ, при этом, заключаются в сокращении длительности производственного процесса, возможности их размещения в непосредственной близости к рынкам сбыта и поставке продукции в период сезонных дефицитов.

При организации производства пищевой икры осетровых рыб объемы производства должны быть на уровне не менее 2-3 тонн. При этом, район размещения производства в плане удаленности от основных рынков сбыта имеет меньшее значение, поскольку объемы перевозки и соответственно транспортные расходы при одинаковой выручке за поставленную продукцию по сравнению с живой или охлажденной рыбой сокращаются в десятки раз.

Во всех других случаях системы УЗВ целесообразно использовать на стадии выращивания рыбопосадочного материала как конечного продукта производства или встраивать УЗВ в комбинированное производство. При этом под посадочным материалом можно понимать рыбу разных возрастов и размеров в зависимости от принятых технологий и конечных целей производства в соответствии с расчетами наиболее рациональной схемы производства. Опыт использования рыбопосадочного материала осетровых рыб, выращенных в УЗВ, для выращивания товарных осетровых в садковых и бассейновых прямоточных хозяйствах на базе теплых вод энергетических объектов, показывает значительно более быстрый рост – рыба в двухлетнем возрасте по размерам и массе обгоняет трехлетнюю рыбу, выращенную от икры без применения технологий УЗВ.

При организации производства пищевой икры осетровых рыб важно понимать, что производство основной продукции начинается через несколько лет после пуска производственных мощностей в работу. Количество лет определяется выбором объектов культивирования. Так, при организации выращивания сибирского осетра икра в массе начинает производиться на пятом году, а выход на полную проектную мощность составляет не менее 7 лет с начала эксплуатации. Необходимо понимать, что на период преодоления точки безубыточности требуются дополнительные и весьма значительные инвестиции на формирование ремонтно-маточного стада. Все это значительно удлиняет сроки окупаемости таких проектов, что не очень приветствуется инвесторами.

При организации производства пищевой икры имеет значение и принятая технология. При, казалось бы, очевидном, с точки зрения рыбоводов, преимуществе прижизненного метода отбора икры перед забойным, экономически это не всегда оправдано. Происходит это из-за усложнения технологического процесса, потребности высококвалифицированных кадров, высокой трудоемкости процесса прижизненного отбора икры и ее переработки, значительных потерь продукционных самок после отбора икры при массовом производстве. Спрос на такую продукцию относительно ограничен, что приводит к снижению цен.

При выборе подрядных фирм для реализации проектов в части технологического оборудования необходимо учитывать несколько моментов. Фирма должна иметь опыт проектирования и строительства систем УЗВ, комплектации стандартизированного и изготовления нестандартного оборудования, опыт монтажа или шеф - монтажа оборудования. Давать гарантии на работоспособность всего комплекса оборудования, в наилучшем случае обеспечивать сопровождение периода пуска оборудования в эксплуатацию и получения первых производственных результатов, проводить обучение персонала, при необходимости обеспечивать техническое обслуживание и технологическое сопровождение в процессе эксплуатации. При серьезных инвестициях в такие проекты необходимо получить работоспособное

предприятие. Немаловажное значение имеет также уровень цен на предлагаемое оборудование. Как правило, стоимость комплекта технологического оборудования у иностранных фирм выше, чем у российских или при реализации проектов, выполненных иностранными фирмами, силами российских подрядчиков с заменой части оборудования и материалов на отечественные.

Градация предприятий с системами УЗВ: полносистемные хозяйства; производство товарной продукции; производство икры и посадочного материала для товарных хозяйств; воспроизводство рыбных запасов; исследовательские.

Градация предприятий по параметрам: пресноводные и морские; тепловодные и холодноводные; по объектам выращивания.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные причины более высокой себестоимости продукции?
2. Перечислите виды рыб, которых целесообразно выращивать в УЗВ.
3. Поясните основные требования к фирмам-подрядчикам.

Список литературы

Основная литература

1. Комлацкий В.И., Комлацкий Г.В., Величко В.А. Рыбоводство: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с.
2. Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры: учебник / Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова, О. Е. Гончаренок, К. А. Молчанова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 416 с.

Дополнительная литература

1. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.
2. Власов, В. А. Рыбоводство: учебное пособие / В. А. Власов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 352 с.

Тема 6 Индустриализация процесса рыбоводства. Плотность посадки в УЗВ

Цель работы: ознакомиться с методиками расчета плотности посадки.

Одна из тенденций современного общества - концентрация населения в административных и индустриальных центрах. Круглогодичное снабжение городского населения живой рыбой выливается в проблему создания аквакультурных хозяйств в том случае, если нет альтернативных источников живой рыбы. В стоимость аквакультурного хозяйства входят также стоимость земли, занимаемой хозяйством, и транспортные издержки на доставку продукции населению. При дифференцированной цене на землю желательно размещать рыбоводное хозяйство там, где цена на землю ниже. При этом возрастают транспортные расходы на доставку рыбы и корма и расходы на обслуживание хозяйства. Эта проблема решается путем увеличения производительности хозяйства в расчете на единицу занимаемой площади.

Все выращивание ведется в бассейнах двух видов: бассейны для выращивания посадочного материала; бассейны для выращивания товарной рыбы.

Продолжительность выращивания товарной рыбы зависит от ее вида и товарной навески. Для выращивания одной тонны товарной рыбы необходимая площадь водной поверхности бассейнов составит 10-15 м².

Сравнение наглядно показывает эффективный путь снижения в 1000 раз затрат земельной площади на создание рыбоводного хозяйства.

Перенос рыбоводной технологии в бассейны позволяет укрыть установку в теплоизолированном помещении и интенсифицировать процесс выращивания рыбы. При минимальной потребности в площади для размещения их в воде рыбоводное хозяйство с использованием замкнутых установок может быть размещено в городской черте, что дает дополнительные преимущества: обеспеченность квалифицированными кадрами, развитую систему снабжения и транспорта, научные кадры и другие элементы развитой инфраструктуры.

При выращивании в замкнутых установках все параметры

технологического процесса (кондиционирование воды, кормление, контроль и т. д.) осуществляются с помощью автоматизированных устройств, действие которых может программироваться. Влияние природных факторов на ход технологического процесса становится минимальным. Для областей России, лежащих севернее первой зоны рыбоводства, использование замкнутых установок часто является единственным вариантом. Альтернативу составляет только рыбоводство на воде горячих артезианских скважин.

Схема выращивания рыб заключается в следующем:

1. Зарыбление рыбоводных емкостей молодью от 10 г до 300 г. 1 раз в год.
2. Температурный режим выращивания товарной рыбы соответствующий физиологическим потребностям объекта выращивания.
3. Гидрохимический режим поддерживается в пределах и в соответствии с требованиями разработанных норм для выращивания рыб в системах с оборотным водообеспечением.
4. Кормление осуществляется по технологическим нормам в зависимости от массы рыбы и температуры воды. Корректировка кормления происходит каждые 7-15 дней после проведения контрольного взвешивания 10 % от всей рыбы.
5. Сортировка рыбы проводится по мере выявления ее разнокачественности приблизительно 1 раз в месяц.
6. Плотность посадки рыбы в бассейнах для товарного выращивания составляет 70-120 кг/м куб.
7. Плотность посадки рыб ремонтно-маточного стада - 20-25 кг/м³.

Таблица 3 - Темпы роста и вес основных объектов разведения в УЗВ, товарное выращивание (от икры, личинки)

Объекты выращивания	240 дней	1 год	2 года	пресноводная
Форель «порционная»	0,3			
Форель товарная		0,8 - 1,2	4,0 - 4,5	пресноводная
Сибирский осетр	0,5	1,2	3,2	пресноводная
Бестер	0,6	1,3	3,6	пресноводная

Угорь		0,13	0,3	пресноводная
Тиляпия		0,7-0,8		пресноводная
Клариевый сом	0,8			пресноводная
Судак	0,16	0,3	1,4	пресноводная
Атлантический лосось			4,5-5	пресноводная морская

Таблица 4 - Производство товарной продукции в УЗВ

Источник получения Этапы производства	Собственное маточное стадо	Оплодотворенная икра	Посадочный материал	Объекты выращивания/ отдельная УЗВ
Содержание маточного стада и ремонтного стада	+	-	-	Осетровые /отдельная УЗВ
Инкубация	+	+	-	Осетровые и лососевые
Выращивание посадочного материала	+	+	+	Лососевые /отдельная УЗВ
Товарная продукция	+	+	+	УЗВ по количеству производственных циклов

Таблица 5 - Производство рыбопосадочного материала и икры в УЗВ

Источник получения Этапы производства	Собственное маточное стадо	Покупная оплодотворенная икра	Объекты выращивания/ отдельная УЗВ	Примечание
Содержание маточного стада и ремонтного стада	+	-	Осетровые и лососевые /отдельная УЗВ	Содержание нескольких генетических линий производителей Возможность циклического получения посадочного материала в течении года.
Инкубация	+	+	Осетровые и лососевые	
Выращивание посадочного материала	+	+	Лососевые /отдельная УЗВ	
Продукция	Икра на стадии глазка / посадочный материал	Посадочный материал	УЗВ по количеству производственных циклов	

Таблица 6 - Воспроизводство рыбных запасов в УЗВ

Источник получения Этапы производства	Производители из естественных водоемов	Собственное маточное стадо	Объекты выращивания/ отдельная УЗВ
Отлов и выдерживание производителей	+		Тихоокеанские лососи, сиговые
Содержание маточного стада и ремонтного стада	-	+	Осетровые и лососевые /отдельная УЗВ
Инкубация	+	+	Осетровые и лососевые
Выпуск/ выращивание молоди	+	+	Лососевые /отдельная УЗВ
Продукция	Личинка/ Молодь	Личинка / Молодь	УЗВ по количеству производственных циклов/выпусков

Ошибки при проектировании и эксплуатации систем УЗВ:

- применение одной схемы УЗВ для различных видов культивирования, отличающихся плотностями посадки и оптимальными температурами роста;
- подбор оборудования или систем УЗВ по стоимостному критерию, - вместо подбора оборудования или систем по технологическим требованиям производственного процесса;
- использование «номинального» набора оборудования при комплектации систем УЗВ;
- совпадение по названиям оборудования, но полное отличие по рабочим характеристикам оборудования, сводящее необходимую обработку воды на нет (факту присутствия оборудования);
- отсутствие контроля параметров технологической воды в автоматическом режиме и систем оповещения персонала о начале отклонений в её составе;
- отсутствие сервисного обслуживания используемого профессионального оборудования, низкий уровень подготовки персонала для работы с оборудованием УЗВ;
- отсутствие гидравлических расчетов систем УЗВ.

Контрольные вопросы

1. Какова схема выращивания рыб в УЗВ?

2. Назовите сроки товарного выращивания различных видов рыб.

3. Перечислите основные ошибки при проектировании и эксплуатации УЗВ.

Список литературы

Основная литература

1. Комлацкий В.И., Комлацкий Г.В., Величко В.А. Рыбоводство: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с.

2. Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с.

Дополнительная литература

1. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.

Тема 7. Биологические особенности основных объектов выращивания в УЗВ

Цель работы: ознакомиться с основными объектами выращивания, изучить их биологию и ценные хозяйственные качества.

Строительство и эксплуатация УЗВ требуют значительных затрат, поэтому, для того чтобы быть доходным, производство должно быть эффективным.

Соответственно, очень важно выбрать подходящие виды для производства и построить хорошо функционирующую систему.

Цель производства продать рыбу по высокой цене и одновременно удержать себестоимость производства на максимально низком уровне.

При анализе возможности создания рыбоводного хозяйства одним из важнейших параметров является температура воды, поскольку рыбы – холоднокровные животные.

Температура их тела не отличается от температуры окружающей воды. И рыбы не способны к терморегуляции. Поэтому температура воды имеет очень большое значение в рыбоводстве. Для разных видов температурный оптимум различен. Также отличаются верхние и нижние летальные температуры.

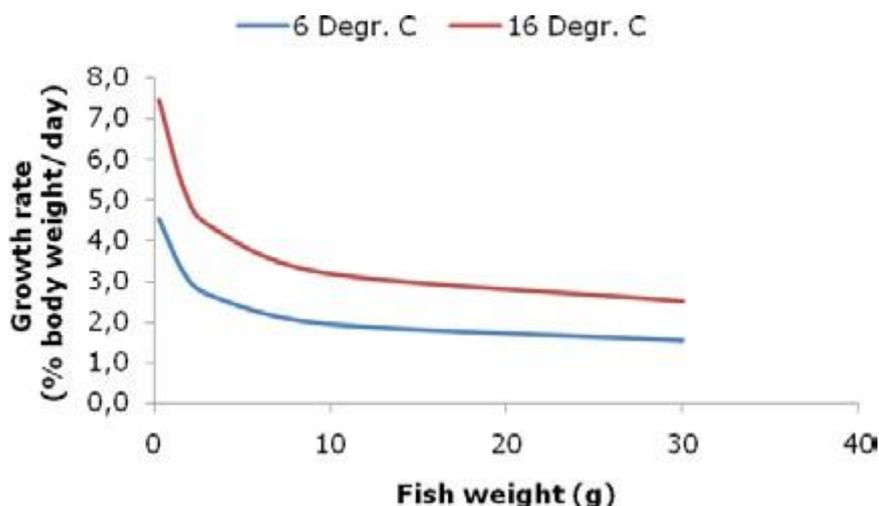


Рисунок 9. Скорость роста радужной форели при 6 и 16 °C

Другим фактором, влияющим на возможность создания рыбоводного

хозяйства, является размер выращиваемой в хозяйстве рыбы. При любой температуре скорость роста мелких рыб превышает скорость роста крупных.

За равный промежуток времени мелкие рыбы могут набрать больше веса, чем крупные. Мелкие рыбы также преобразовывают корма более эффективно, чем крупные.

Более быстрый рост и более эффективное использование кормов, положительно влияют на себестоимость, понижая ее в пересчете на килограмм произведенной рыбы. Однако производство мелких рыб является лишь одним этапом в процессе производства рыбы рыночных размеров. Понятно, что не вся рыба, производимая на рыбном хозяйстве, может состоять из мелких рыб, поэтому потенциал выращивания мелких рыб ограничен. Прибыльным является и производство мальков.

Расходы на достижение и поддержание оптимальной температуры воды в УЗВ в течение всего года оправданы. При содержании рыб в оптимальных условиях выращивания скорость роста значительно выше, чем в природных условиях. Кроме того, преимущества чистой воды, достаточного уровня кислорода и т.д. в УЗВ положительно влияют на выживаемость, здоровье рыб и т.д., что, в итоге, обеспечивает продукцию высокого качества. Рыбы отличаются большим разнообразием и многие их виды являются объектами рыбоводства.

За последнее десятилетие в аквакультуру было внедрено несколько сотен видов и скорость их одомашнивания в сто раз выше, чем скорость одомашнивания растений или животных на суше.

Объемы мирового производства искусственно выращиваемой рыбы свидетельствуют о том, что карповые являются одной из преобладающих групп.

Далее следуют лосось и форель. Все остальное производство – примерно десять видов. Поэтому нужно понимать, что, хотя существует значительное количество пригодных для выращивания видов, только небольшая их часть достигает настоящего успеха на мировом уровне. Объемы мирового

производства новых видов ограничены успехи или неудачи в их выращивании в значительной мере зависят от рыночных условий.

Производство небольших объемов ценных видов рыб может быть доходным, поскольку высока их рыночная цена.

Быть первым и единственным производителем нового объекта аквакультуры на рынке может быть очень прибыльным. С другой стороны, это также является рискованным делом, с высокой долей неопределенности, как в производстве, так и в развитии рынка.

На успех рыбоводного предприятия оказывают влияние многие факторы. Таковыми являются местные затраты на строительство, стоимость и стабильность электроснабжения, наличие квалифицированного персонала и т.д.

С биологической точки зрения любой вид, успешно выращиваемый в традиционной аквакультуре, может так же легко выращиваться в УЗВ. Экологические факторы в УЗВ могут регулироваться таким образом, чтобы они точно соответствовали потребностям любого внедряемого вида. В УЗВ рыба будет расти даже лучше, а будет ли она успешной с экономической точки зрения, зависит от рыночных условий от конкуренции со стороны других производителей, размеров инвестиций, себестоимости и способности данного вида к быстрому росту.

УЗВ всегда рекомендуется к использованию для производства ценных видов рыб, поскольку на них имеется спрос и высока рыночная цена. Хорошим примером является угреводство, где высокая отпускная цена разрешает производить рыбу при относительно высокой себестоимости. С другой стороны, существует сильная тенденция к использованию УЗВ также для менее ценных видов рыб, таких как форель или лосось.

В Дании успешным примером для УЗВ является производство недорогой порционной форели. Однако для того, чтобы быть конкурентоспособными, подобные производственные системы должны иметь объемы производства 1000 тонн и более.

Пригодность того или иного вида рыб к выращиванию в УЗВ зависит от

многих различных факторов, таких как рентабельность, экологические вопросы, биологическая пригодность и т.д., см. таблицу 7.

Таблица 7 - Различные виды, выращиваемые в УЗВ на примере Дании

Вид	Фактическое состояние	Рынок
<p>Атлантический лосось</p> 	<p>Легко выращивается. Успешное выращивание молодого лосося в УЗВ. Выращивание крупного лосося в УЗВ может стать успешным в будущем.</p>	<p>На мировом рынке преобладают норвежские производители.</p>
<p>Радужная форель</p> 	<p>Легко выращивается. Широко используются УЗВ, от подращивания мальков до выращивания товарной рыбы.</p>	<p>Жесткая конкуренция, часто основанная на местных рыночных условиях.</p>
<p>Судак</p> 	<p>Трудно выращивается. Проблемный личиночный этап, относительно простой нагул.</p>	<p>Неплохие цены. По мере снижения природных запасов ожидается увеличение спроса.</p>
<p>Осетровые</p> 	<p>Легко выращиваются. Требуют опыта в области подращивания личинок и получения пищевой икры.</p>	<p>Хорошие рыночные условия для мяса и икры.</p>
<p>Угорь</p> 	<p>Успешный объект рыбоводства в УЗВ. Воспроизводство невозможно. Необходимо ловить молодь в природе.</p>	<p>Ограниченный рынок с непостоянным уровнем цен.</p>
<p>Баррамунди</p> 	<p>Требует знаний в области подращивания личинок. Нагул простой.</p>	<p>Реализуется, главным образом, на местных рынках по неплохой цене.</p>
<p>Груперы</p> 	<p>Требуют знаний в области подращивания личинок. Нагул относительно простой.</p>	<p>Реализуется, главным образом, на местных рынках по хорошей цене.</p>
<p>Сибас и дорада</p> 	<p>Требуют опыта на личиночных стадиях. Хорошо растут в УЗВ.</p>	<p>Сложные рыночные условия.</p>

<p>Тюрбо</p> 	<p>Требует опыта в области подращивания личинок. Очень хорошо растет в УЗВ</p>	<p>Неплохие рыночные цены, зависящие от местных рыночных условий.</p>
<p>Морской язык</p> 	<p>Новый объект аквакультуры с еще не полностью разработанной технологией. Различные препятствия.</p>	<p>Высокие цены.</p>
<p>Треска</p> 	<p>Успешное подращивание мальков в УЗВ. Нагул крупной трески требует дальнейших разработок.</p>	<p>Цены колеблются и все еще зависят от природных уловов.</p>

Контрольные вопросы

1. Какова схема выращивания рыб в УЗВ?
2. Назовите сроки товарного выращивания различных видов рыб.

Список литературы

Основная литература

1. Комлацкий В.И., Комлацкий Г.В., Величко В.А. Рыбоводство: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с.
2. Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с.

Дополнительная литература

1. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.

Тема 8. Корма и процесс кормления рыбы в УЗВ

Цель работы: ознакомиться с основными требованиями к кормам, применяемым в УЗВ.

Закупки кормов составляют до 70 % затрат любого рыбоводного предприятия. Хороший корм даёт качественный рост рыбы, минимальный кормовой коэффициент и быстрый рост. Корма не удовлетворительного качества плохо поедаются рыбой, к тому же, зачастую они приводят к их ожирению и ухудшению продукции. Кроме того, такие корма забивают фильтры УЗВ.

Для выращивания 1 кг говядины, фермер затрачивает около 10 кг корма; для выращивания 1 кг свинины соответственно 5-6 кг корма; для птицы – 2-3 кг корма. Кормовой коэффициент для рыбы – всего лишь 1-1,5 килограмма корма на 1 кг прироста. Это на порядок меньше, чем в производстве мяса крупного рогатого скота, самого затратного вида фермерства. Именно поэтому рыба – весьма эффективный источник вложений. У каждого вида рыб этот кормовой коэффициент индивидуальный, например, у осетровых кормовой коэффициент 1,3-1,4; то есть на 50 т рыбы требуется примерно 65 т корма. У форели этот коэффициент 1,1-1,2; потребуется 55-60 т корма. Для того, чтобы вырастить 50 т африканского сома при кормовом коэффициенте 1-1,1; используется примерно 50 т корма.

Норма кормления – это процент от массы тела рыбы, который она получает с кормом в сутки. Например, 5 т мальков в системе потребляют до 10 % от своей массы. Для 5 т малька необходимо подготовить до 0,5 т корма в сутки. Если же 5 т товарной рыбы, то скорее всего норма кормления будет не более 1,5 %, а это всего лишь 75 кг корма в сутки.

Основа экструдированного корма – это рыбная мука, зерновые, премиксы (витаминная добавка) и рыбий жир. Могут входить туда и, например, экстракт растительного белка (соевый концентрат, кукурузный глютен), соевый шрот, гемоглобин, растительное масло, премиксы, комплекс биологически активных

веществ, другие добавки – у каждого производителя свой рецепт. В корме для УЗВ содержится всё, что необходимо рыбе, он гомогенизирован и собран в гранулы, так что усваивается максимально легко и качественно. Поэтому рыбу в течение жизни кормят одним кормом, меняя его только при переходе в другую стадию развития: малька кормят стартовыми кормами, товарную рыбу – товарными кормами, маточное стадо – специальными кормами для маточного стада.

Существуют экструдированные корма импортного и российского производства. Импортные стоят дороже, отечественные дешевле. Импортные корма стабильней по качеству и составу, по поставкам – то есть, беспокоится о том, как растёт рыба, не нужно. С отечественным кормом больше рисков: они бывают нестабильны по качеству, кормовой коэффициент у них выше, а иногда для поставки они недоступны. Поэтому 90% фермеров, которые занимаются ценными видами рыб (осетровые, форель) в промышленных масштабах, используют именно импортные корма. Российские корма можно использовать для выращивания африканского сома – для этого вида рыбы в России производят неплохую продукцию, которая дешевле импортных и при этом даёт хорошие результаты. Поставщиков много, и они замещают друг друга. Если основа вашего бизнеса – осетровые или форель, но выращиваете вы их в небольших количествах (5-10 тонн) и лично контролируете процесс, уверены, что не упустите момент, если что-то пойдёт не так, тогда и осетровых, и форель можно кормить российскими кормами. Однако если речь идёт о выращивании премиальных рыб или о промышленном крупномасштабном производстве, предпочтительно использовать более надёжные импортные корма – Coppens, Biomar, Aller Aqua, Le Gouessant, Skretting, Raisioagro.

Российские поставщики кормов: Лимкорм (Белгород) – один из самых неплохих производителей в России; Aquarex (Тверь) – в последние годы производители этого корма повысили качество продукции; корма Гатчинского комбикормового завода; АквАлей (Алтай); Премикс (Краснодар); Агро-Матик (Нижний Новгород); Казахстан также производит корма, которые близки к

российским по цене и качеству.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте определение кормового коэффициента.
2. Охарактеризуйте понятие норма кормления.
3. Каков состав экструдированного корма?

Список литературы

Основная литература

1. Корма и кормление в аквакультуре: учебник / Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова, О. Е. Гончаренко, К. А. Молчанова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 388 с.
2. Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с.

Дополнительная литература

1. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.

Тема 9. Заболевания рыб в УЗВ

Цель работы: ознакомиться с основными заболеваниями рыб в УЗВ и мерами их профилактики.

Существует большое количество примеров УЗВ, функционирующих без возникновения каких-либо проблем с заболеваниями. На практике возможно полностью изолировать УЗВ от нежелательных патогенов. Очень важно следить за тем, чтобы икра рыб, привозимая в установку, была абсолютно свободной от заболеваний и, если возможно, происходила из сертифицированной культуры, свободной от болезней. Важно следить за тем, чтобы используемая вода была свободна от патогенов или стерилизовалась перед попаданием в систему; намного лучше использовать воду из скважины, колодца или другого подобного источника, чем воду, поступающую прямо из моря, реки или озера.

Кроме того, следите, чтобы никто из людей, проходящих на предприятие, будь то посетители или рабочие, не занес никаких заболеваний. Когда возможно, следует проводить тщательную дезинфекцию системы. Это относится как к новым установкам, готовым к первому запуску, так и к существующим системам, из которых удалили рыбу и которые готовы к новому производственному циклу. Следует помнить о том, что заболевание из одного бассейна УЗВ, по всей вероятности, распространится и на другие бассейны системы. Это делает понятной важность профилактических мер.

В УЗВ, использующих икру диких рыб, например, для пополнения естественных запасов, получение икры из сертифицированной свободной от болезней культуры невозможно. В таких случаях всегда существует риск внесения патогенов, живущих внутри икринок, таких как IPN (инфекционный некроз поджелудочной железы), BKD (бактериальная почечная болезнь) и, возможно, вирус герпеса, которые не могут быть уничтожены дезинфекцией икры. Хорошим способом для предотвращения распространения патогенов внутри системы является физическое разделение различных этапов производства. Таким образом, инкубационный цех должен работать как

изолированная и закрытая система, также, как и выростной и нагульный блоки. Если на предприятии содержится ремонтно-маточное стадо, оно также должно быть изолировано в отдельном блоке. Это позволяет, на практике, легче ликвидировать заболевания.

Некоторые хозяйства построены по принципу каждый блок полностью освобождается от рыбы и дезинфицируется, прежде чем заново заполняется икрой или рыбой. В случае икры и мелких рыб, которые выращиваются на протяжении короткого времени, после чего перемещаются в другое место, это, бесспорно, является хорошим способом управления и должно всегда осуществляться на практике. В случае более крупных рыб это тоже хороший метод, но данный способ управления легко может стать неэффективным. Удаление всех рыб из нагульного блока перед зарыблением новой партией представляет трудности в логистическом плане, когда речь идет о больших объемах рыбы. Из-за неэффективного использования мощности системы данный метод легко может стать неэкономным.

Лечение заболеваний рыб в УЗВ отличается от такового в традиционных рыбных хозяйствах. В традиционных рыбных хозяйствах вода используется только один раз, прежде чем она покидает систему. В УЗВ использование биофильтров и постоянная рециркуляция воды требуют другого подхода. Добавление лекарственных препаратов влияет на всю систему, включая рыбу и биофильтры, поэтому при лечении требуется большая осторожность. Очень трудно дать точные указания относительно дозировки, требуемой для лечения того или иного заболевания в УЗВ, поскольку эффективность препарата зависит от многих различных параметров, таких как жесткость воды, содержание органического вещества, температура воды и скорость течения. Поэтому, чтобы идти вперед, необходим большой практический опыт. От одной обработки к другой концентрации должны увеличиваться осторожно, чтобы не убить рыб или не вывести из строя биофильтр. При любой вспышке заболевания лекарственные препараты должны быть прописаны местным ветеринаром или ихтиопатологом. Он же должен объяснить их использование. Вы также должны

внимательно прочесть инструкции по безопасности, так как при неправильном использовании некоторые препараты могут причинить значительный вред людям. Обработка против эктопаразитов, то есть паразитов, располагающихся снаружи тела рыбы, на коже и в жабрах, может осуществляться путем добавления химических веществ в воду. Любые грибковые инфекции лечатся таким же образом, как заражения эктопаразитами.

В пресноводных системах использование поваренной соли (NaCl) является эффективным способом уничтожения большинства паразитов, в том числе, бактериального заболевания жабр. Если обработка солью не помогает, использования формалина (HCHO) или перекиси водорода (H₂O₂) обычно хватает для лечения любых оставшихся паразитарных инфекций. Купание рыб в растворе празиквантела и флубендазола также доказанно является эффективным средством против эктопаразитов. Также доказано, что механическая фильтрация является довольно эффективным методом против распространения эктопаразитов. Использование 70-микронной фильтрующей ткани удаляет некоторые стадии развития Gyrodactylus, а 40-микронная фильтровальная ткань может удалить яйца различных паразитов. Наиболее надежным способом обработки является окунание рыб в ванну с раствором химического вещества. Однако, на практике, данный метод неосуществим, поскольку объемы обрабатываемой рыбы часто слишком велики. Вместо этого рыба содержится в бассейне, где поступление воды отключается и оксигенация или аэрация бассейна осуществляется за счет распылителей. В бассейн добавляется раствор химического вещества, в котором рыбу оставляют плавать в течение определенного времени. Затем поступление воды опять открывается и, по мере водообмена в бассейне, раствор постепенно разбавляется. Вода, вытекающая из бассейна, разбавляется водой, находящейся в системе УЗВ, потому концентрация в биофилтре будет значительно ниже, чем в обработанном бассейне. Таким образом в отдельном бассейне можно достичь относительно высокой концентрации химического вещества с целью уничтожения паразита, в то же время уменьшая воздействие данного средства на систему

биофльтрации. Как рыбы, так и биофильтры могут быть адаптированы к обработке солью, формалином и перекисью водорода, медленно повышая концентрации от одной обработки к другой. После обработки бассейна, полного рыбы, эта вода, вместо возврата в систему, также может быть откачана в отдельный блок для деградации. В случае икры, однако, использование техники окунания является подходящим способом для обработки миллионов экземпляров за короткое время, например, при дезинфекции икры йодом. Этот метод также может быть использован для обработки икры, зараженной плесенью (*Saprolegnia*), просто погружая икру в раствор соли (7‰) на 20 минут. В инкубационных цехах, откуда рыбы удаляются, как только они готовы к переходу на внешнее питание, эффективность биофильтра имеет меньшее значение, поскольку уровень аммиака, выделяемого икрой и мальками, является очень низким.

Поэтому обработка представляет собой более простую задачу, поскольку необходимо следить только за выживаемостью икры и рыб. Следует также отметить, что общий объем воды в инкубационном цехе является небольшим, поэтому полная замена воды новой может быть осуществлена быстро. В связи с этим можно безопасно провести удачное лечение икры и рыб в инкубационном цехе, обработав одновременно всю систему. Обработка всей системы в крупных УЗВ представляет собой более рискованное действие. Основным правилом являются удержание концентрации на низком уровне и проведение обработки в течение более долгого периода времени. Это требует внимания и опыта. Концентрация должна медленно повышаться от обработки к обработке, а между ними следует оставить несколько дней без обработки, чтобы можно было внимательно проследить за влиянием данной концентрации на смертность рыб, их поведение и качество воды. Обычно как у рыб, так и в биофильтре происходит адаптация, поэтому концентрация может увеличиваться без отрицательных эффектов, что увеличивает вероятность уничтожения паразита. Соль отлично подходит для долговременной обработки, но формалин также успешно использовался в течение 4–6 часовых периодов. Биофильтр просто

адаптируется к формалину и разлагает это вещество так же, как и любой другой углерод, происходящий из органических соединений в системе. Невозможно привести точные концентрации и рекомендации по использованию химических веществ в УЗВ. Вид рыб, их размер, температура воды, ее жесткость, количество органических веществ, скорость водообмена, адаптация и т.д. – всё должно приниматься во внимание. Поэтому нижеприведенные указания являются очень приблизительными. Соль (NaCl): Применение соли является относительно безопасным, и она может использоваться в пресной воде для лечения «манки», болезни белых пятен и распространенного грибка. В пелагической фазе ихтиофтириус может быть убит концентрацией соли 10‰, а новые результаты указывают на то, что донные стадии развития погибают при 15‰. Жидкости организма рыб содержат около 8‰ соли и большинство пресноводных рыб выдерживают соленость воды, приблизительно равную этой, с течение нескольких недель. В инкубационном цехе концентрация 3–5‰ предотвратит грибковые инфекции. Формалин (НСНО): Низкие концентрации формалина (15 мг/л) в течение долгого времени (4–6 часов) с успехом использовались для обработки против видов *Ichthyobodo necator* (Costia), *Trichodina* sp., *Gyrodactylus* sp., прикрепленных ресничных инфузорий и ихтиофтириуса. При концентрации около 8 мг/ч/м² площади биофильтра и температуре 15°C формалин относительно быстро разрушается в биофильтре. Однако формалин может снизить скорость преобразования азота бактериями в биофильтре. Перекись водорода (H₂O₂): Не используется широко, хотя опыты дали многообещающие результаты относительно ее использования в качестве заменителя формалина при концентрациях между 8 и 15 мг/л в течение 4–6 часов. Эффективность биофильтра может стать хуже минимум на 24 часа после обработки, но она вернется к нормальному значению за несколько часов. Использование других химических средств, таких как медный купорос или хлорамин-Т, не рекомендуется. Они очень эффективны в лечении, например, бактериального заболевания жабр, однако вероятность серьезного повреждения биофильтра очень велика и весь процесс рециркуляции, а также

производства, может понести тяжелые потери. При обработке бактериальных инфекций, таких как фурункулез, вибриоз или ВКД, единственным способом лечения рыб является использование антибиотиков. В некоторых случаях рыбы могут заразиться паразитами, живущими внутри их, и способом удаления таковых также являются антибиотики. Антибиотики подмешиваются в корма для рыб и скармливаются по несколько раз в день в течение, например, 7 или 10 дней. Концентрация антибиотиков должна быть достаточной для уничтожения бактерий и прописанную концентрацию лекарственного препарата, и время обработки следует тщательно соблюдать, даже если рыбы перестают умирать во время лечения. Если обработка прекращается перед окончанием прописанного срока, существует высокий риск того, что инфекция начнется заново.

Обработка антибиотиками в УЗВ имеет малое влияние на бактерий биофильтра. Концентрации антибиотиков в воде, по сравнению с их концентрациями внутри рыб, обрабатываемых кормами с лекарством, являются относительно низкими, и их воздействие на бактерий биофильтров – значительно ниже. В любом случае необходимо внимательно следить за параметрами качества воды, чтобы обнаружить любые изменения, поскольку они могут указывать на какое-либо воздействие на биофильтр. Может потребоваться изменение рационов кормления, использование большего количества подпиточной воды или изменение расхода воды в системе. Согласно предписаниям ветеринара, могут использоваться различные антибиотики, такие как сульфадiazин, триметоприм или оксолиновая кислота.

Лечение против IPN, VHS (вирусной геморрагической септицемии) или других вирусов невозможно. Единственным способом для избавления от вирусов является освобождение всего рыбного хозяйства от рыб, дезинфекция системы и начинание всей работы заново.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте отличия лечения заболеваний рыб в УЗВ от традиционных рыбоводных хозяйств.

2. Охарактеризуйте эффективные способы борьбы с паразитарными инфекциями.

3. Каков механизм профилактики бактериальных инфекций?

Список литературы

Основная литература

1. Комлацкий В.И., Комлацкий Г.В., Величко В.А. Рыбоводство: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с.

2. Фармакология в аквакультуре / Н. Л. Андреева, А. М. Лунегов, В. А. Барышев [и др.]. — Санкт-Петербург: СПбГАВМ, 2017. — 76 с.

Дополнительная литература

1. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.

Библиографический список

1. Брайнбалле, Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. – 74 с.
2. Власов, В. А. Рыбоводство: учебное пособие / В. А. Власов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 352 с.
3. Комлацкий, В.И., Комлацкий, Г.В., Величко, В.А. Рыбоводство: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с.
4. Корма и кормление в аквакультуре: учебник / Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова, О. Е. Гончаренко, К. А. Молчанова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 388 с.
5. Пономарев, С.В., Баканева, Ю.М., Федоровых, Ю.В. Аквакультура: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с.
6. Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры: учебник / Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова, О. Е. Гончаренко, К. А. Молчанова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 416 с.
7. Фармакология в аквакультуре / Н. Л. Андреева, А. М. Лунегов, В. А. Барышев [и др.]. — Санкт-Петербург: СПбГАВМ, 2017. — 76 с.
8. Хрусталева, Е. И. Технические средства аквакультуры. Лососевые хозяйства: учебное пособие для спо / Е. И. Хрусталева, К. А. Молчанова. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 140 с.

Содержание

Введение	3
Тема 1. Устройство системы установки с замкнутым циклом водоснабжения. Основные узлы, комплектация, оборудование	4
Тема 2. Основы эксплуатации УЗВ	9
Тема 3. Принцип эксплуатации установок замкнутого водоснабжения	16
Тема 4. Принципы проектирования УЗВ	24
Тема 5. Экономические аспекты строительства и эксплуатации УЗВ	35
Тема 6 Индустриализация процесса рыбоводства. Плотность посадки в УЗВ	39
Тема 7. Биологические особенности основных объектов выращивания в УЗВ	44
Тема 8. Корма и процесс кормления рыбы в УЗВ	48
Тема 9. Заболевания рыб в УЗВ	52
Библиографический список	59