

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Н. В. Барулин

АКВАКУЛЬТУРА ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

В трех частях

Часть 1

ФОРЕЛЕВОДСТВО

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования, обучающихся по специальности
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство*

Горки
БГСХА
2018

УДК 639.3:001.895

ББК 47.2

Б24

*Рекомендовано методической комиссией факультета
биотехнологии и аквакультуры 28.09.2016 (протокол № 1)
и Научно-методическим советом БГСХА 28.09.2016 (протокол № 1)*

Автор:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Н. В. Барулин*

Рецензенты:

кандидат биологических наук, доцент *В. Г. Костоусов*;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Е. В. Таразевич*

Барулин, Н. В.

Б24 Аквакультура ценных видов рыб и ресурсосберегающие технологии. В 3 ч. Ч. 1. Форелеводство : учебно-методическое пособие / Н. В. Барулин. – Горки : БГСХА, 2018. – 237 с.
ISBN 978-985-467-807-8.

Приведены биологические особенности и технологические принципы выращивания радужной форели в промышленных условиях с учетом международного опыта.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

УДК 639.3:001.895

ББК 47.2

ISBN 978-985-467-807-8 (ч. 1)

ISBN 978-985-467-806-1

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Аквакультура является одной из самых быстрорастущих отраслей пищевого производства в мире. Большая часть мировой продукции аквакультуры в настоящее время выпускается в развивающихся странах и, что важно, в странах с низкими доходами и испытывающих дефицит продовольствия. В связи с остановкой роста промысловых уловов и растущим спросом на рыбу и рыбопродукты, актуальным вопросом является, увеличение вклада аквакультуры в мировое производство продуктов питания и укрепление ее роли в обеспечении населения продовольствием и снижении уровня бедности во многих развивающихся странах. Однако следует признать, что как с точки зрения видов (включая водоросли, моллюски, ракообразные, рыбу и другие группы водных организмов), так и с точки зрения используемой среды и систем аквакультура охватывает различные методы разведения водных организмов с применением различающихся схем использования ресурсов и, таким образом, предлагает широкий спектр возможностей для диверсификации методов увеличения производства продуктов питания и обеспечения доходов во многих сельских и пригородных областях. Учитывая значительные продовольственные, социальные, экономические и экологические достоинства большинства существующих методов аквакультуры, а также хорошие перспективы дальнейшего развития и расширения сектора, усилия, направленные на устойчивое развитие аквакультуры, требуют сведения к минимуму потенциальных социальных конфликтов и экологических проблем. Аквакультура, как и все наземные сельскохозяйственные системы, должна решить ряд задач. К ним относятся: растущая конкуренция за право использования ограниченных ресурсов, таких как водные, земельные и кормовые; экологическая деградация уже используемых или необходимых в дальнейшем ресурсов; непризнание легитимности использования ресурсов; недостаток институциональной или законодательной поддержки; чрезмерное регулирование и, в последнее время, отрицательная пропаганда, вызванная относительно немногочисленными случаями экологической деградации и социальной дестабилизации в связи с определенными методами аквакультуры.

Радужная форель является одним из самых распространенных объектов акклиматизации, разведения и товарного выращивания. Во мно-

гих странах мира, например в Дании, Швеции, Италии, Франции, США, Финляндии и др., производство форели составляет 15–20 тыс. т ежегодно. Форель и продукты из нее (балычные изделия, пищевая икра и т. д.) относятся к деликатесной продукции, и цены на нее, равно как и спрос, стабильно высоки, поэтому производство форели имеет высокую окупаемость во всех странах.

В Республике Беларусь форелеводство составляет незначительную часть в общем объеме производства рыбы. Между тем объем производства и ассортимент деликатесной продукции могут быть значительно увеличены за счет развития индустриального разведения рыб в садковых и бассейновых хозяйствах, а также создания сети хозяйств на теплых водах (в зимнее время) энергетических объектов. Ранее потребность в деликатесных лососевых рыбах удовлетворялась в основном за счет рыболовства в прибрежных морях. В настоящее время возможности Беларуси в получении качественной продукции рыболовства ограничены, а имеющаяся на мировом рынке представлена преимущественно продукцией аквакультуры. По этой причине актуальность развития собственного форелеводства очевидна. Ускоренное наращивание объемов производства товарной продукции форелеводства возможно при максимальной интенсификации производства, основанной на достижениях научно-технического прогресса.

Современное форелеводство является высокоинтенсивной формой индустриального хозяйства, основанной на выращивании рыбы при уплотненных посадках с использованием гранулированных кормов и благоприятных условиях среды. Уровень интенсификации производственных процессов в форелеводстве определяется кратностью водообмена в рыбоводных емкостях, качеством применяемых кормов, способами кормления, степенью механизации труда при выращивании разновозрастных групп форели. Темпы развития форелеводства в нашей стране значительно отстают от темпов развития в зарубежных странах и не отвечают географическим и климатическим особенностям Республики Беларусь, ее мощному водохозяйственному потенциалу. Тем не менее, форелеводство имеет широкую перспективу развития. Культивирование форели в Республике Беларусь может идти по следующим направлениям: разведение и выращивание в специализированных прудовых хозяйствах; в сетчатых садках пресноводных водоемов; в бассейнах и садках с использованием воды тепловых электростанций; развитие фермерского рыболовства; разведение и выращивание форели для целей любительского и спортивного рыболовства.

1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

1.1. Производственные технологические элементы выращивания радужной форели

Технологические процессы.

Периодичность проведения операции	Операции	Выполнение
Адаптационный период в течение 2–3 недель после пересадки рыбы		
Ежедневно не менее 2 раз	Измерение температуры воды и содержания кислорода	Утром и вечером измеряют и записывают температуру воды и содержание кислорода. Данные используют для нормирования кормления и выполнения других операций
Ежедневно	Кормление	Корм вносится в зависимости от размера рыбы и температуры воды. Проверяют поедаемость корма
При необходимости	Лечебно-профилактическая обработка рыбы	Лечение проводят согласно действующим инструкциям по борьбе с болезнями рыб
Через 2–3 недели после посадки	Контроль за состоянием рыбы	Рыб обследуют на наличие заболеваний, взвешивают, определяют среднюю индивидуальную массу, общий отход за период адаптации
Ростовой период		
Круглосуточно	Наблюдение за сохранностью рыбы	Устраняют повреждения, следят за сохранностью рыб
Ежедневно	Кормление	Корм вносят вручную постепенно, проверяют поедаемость корма
Ежедневно 1 раз	Зарядка кормушек	Загружают комбикорм, учитывают его количество, следят за нормальной работой автокормушек и при необходимости их регулируют
Ежедневно	Учет отходов	Собирают и регистрируют отход
1 раз в декаду	Контроль за состоянием и ростом рыб	Контрольный облов рыбы проводят каждые 10 дней. Количество отлавливаемых рыб должно быть не менее 10 шт. из одной емкости. При этом рыб обследуют на наличие заболеваний, взвешивают, определяют среднюю массу и прирост

Ежедневно	Оперативный контроль за состоянием водной среды	Измеряют температуру воды, прозрачность, цветность воды, содержание растворенного в воде кислорода, pH, аммонийный азот, азот нитритов
При отклонении показателей от нормы	Текущий контроль	Определяют агрессивную окисляемость, двуокись углерода, БПК, содержание сероводорода, основных форм азота и железа
1 раз в месяц	Полный (общий) анализ воды	К текущему и оперативному контролю добавляют определение перманганатной и бихроматной окисляемости, железа общего и закисного, основного солевого состава воды

Технологическая схема выращивания форели.

Операции	Время проведения	Выполнение
Подготовка к зарыблению	Перед зарыблением	Перед зарыблением годовиками заранее проверяют водоподачу
Контроль за гидрохимическим режимом	В период выращивания	Температурный режим должен быть 18 °С. Водородный показатель pH 7–8, растворенный в воде кислород – не ниже 12,0 мг/л. Полный химический анализ воды должны проводить 1 раз в квартал. Температуру воды, кислород, pH, нитриты, аммиак измеряют 2–4 раза в сутки. Остальные гидрохимические показатели (СО ₂ , БПК, нитраты) – 1 раз в неделю
Транспортировка мальков и санитарно-профилактические мероприятия при перевозке (переноске) рыбы	В период перевозки	Транспортировку мальков осуществляют в пластиковых емкостях, контейнерах или брезентовых носилках, с обязательной подачей кислорода в воду
Кормление рыбы от 10 до 1200 г	На протяжении всего периода выращивания	Адаптация форели проходит довольно быстро. Если в первые сутки после пересадки возможно ограничение в кормлении до 50–60 % дневной нормы корма, то в последующие дни, в зави-

		<p>симости от пищевой реакции рыбы, можно приступать к кормлению по полной норме, определенной по кормовым таблицам. Рыбу кормят гранулированным кормом. Размер каждого вида гранул должен соответствовать массе рыбы. Размер гранул производственного корма, в зависимости от массы форели, указан в технических характеристиках используемого корма.</p> <p>Частота кормления зависит от массы рыбы: более 10 г – 4 раза. Дневную норму определяют по таблице производителя кормов и при необходимости корректируют</p>
Раздача корма	Весь период выращивания	<p>Раздачу гранулированного корма рекомендуется осуществлять с помощью механических кормораздатчиков или маятниковых кормушек. Кормушки загружают 1–2 раза в сутки. При отсутствии механизированной раздачи кормов гранулы разбрасывают вручную по поверхности воды. Дневную норму корма выдают равными порциями в определенное время суток согласно графику кормления рыбы</p>
Контроль за поедаемостью кормов	Во время кормления	<p>При кормлении рыбы с помощью кормораздатчиков или вручную необходимо следить за поедаемостью корма. При наличии несъеденного корма уменьшают разовую порцию, увеличивая число кормлений. Малькам корм выдают более мелкими порциями, удлиняя период разового кормления</p>
Контроль за ростом рыбы	На протяжении всего периода выращивания через 10–15 дней	<p>Контрольные обловы проводят с целью определения темпа роста и корректировки суточного рациона корма. Среднюю массу определяют взвешиванием 2–3 проб рыбы.</p>

		<p>В каждой пробе количество взвешиваемой рыбы должно быть не менее 50 шт. Определив общую массу рыбы в пробе, устанавливают среднюю индивидуальную массу, исходя из которой, определяют общую массу рыбы в садке и общий прирост ихтиомассы. Зная расход кормов, определяют кормовой коэффициент. По средней массе и температуре воды определяют новый суточный рацион</p>
Учет отхода	Ежедневно в течение всего периода выращивания	<p>Учет отхода рыбы ведут ежедневно, снулую рыбу удаляют сачками с удлиненной ручкой. Количество мертвых рыб ежедневно фиксируют в специальном журнале. Суммарный отход учитывают при расчете суточного рациона. На основе журнальных записей составляют акт о потерях рыбы за период выращивания</p>
Осуществление ихтиопатологического контроля за состоянием рыбы и проведение профилактических и лечебных ванн	Периодически на протяжении всего периода выращивания	<p>В течение всего периода выращивания ежедневно следят за поведением рыбы, ее реакцией на корм. При проведении контрольных обловов рыбу подвергают тщательному ихтиопатологическому обследованию. С целью предотвращения эктопаразитарного заболевания регулярно проводят профилактические солевые, марганцевые, формалиновые и другие ванны. При возникновении болезни под наблюдением ихтиопатолога проводят курс лечения препаратами при строгом соблюдении действующих инструкций, оформляют завершение этапа актами и записями в рыбоводном журнале</p>

Сортировка	Регулярно	Сортировку рыбы проводят с помощью сортировального устройства или сортировального ящика. Сортируют рыбу на 2–3 размерно-весовые группы. Учитывают общее количество выращенных рыб, их общую и индивидуальную массу. Определяют прирост рыбы за месяц, кормовые затраты, выживаемость
------------	-----------	--

Мальки или сеголетки перевозятся либо в пластиковых мешках, либо в цистернах. Этапы акклиматизации в обоих случаях одинаковы (рис. 1.1).

1. Измерьте температуру воды, в которой рыба перевозилась, и температуру воды, в которую она будет выпущена.

2. Постепенно установите температуру воды в транспортировочной емкости до достижения температуры воды, в которую рыба должна быть выпущена.

3. Как только температуры станут одинаковыми, мальки или сеголетки могут быть выпущены на новое место.

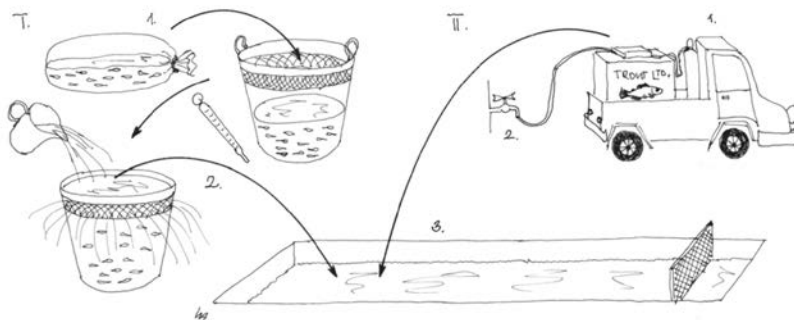


Рис. 1.1. Этапы получения и распаковки или разгрузки мальков, сеголетков или старших возрастных групп форели

Форель очень чувствительна к изменениям температуры воды, особенно к перепадам от холодной к теплой температуре. Чем меньше рыба, тем она чувствительнее к температурному шоку в целом и к

тепловому шоку в частности. Поэтому для обеспечения безопасной акклиматизации важно повышать или понижать температуру воды в транспортных емкостях постепенно, со скоростью 0,5 °С/мин.

Обращение с икрой и различными возрастными группами рыб.

Удаление мертвых рыб из рыбоводных емкостей и установок является обязательной ежедневной задачей (рис. 1.2). Количество и масса собранных мертвых рыб должны регистрироваться в журнале учета рыбного стада и отхода.

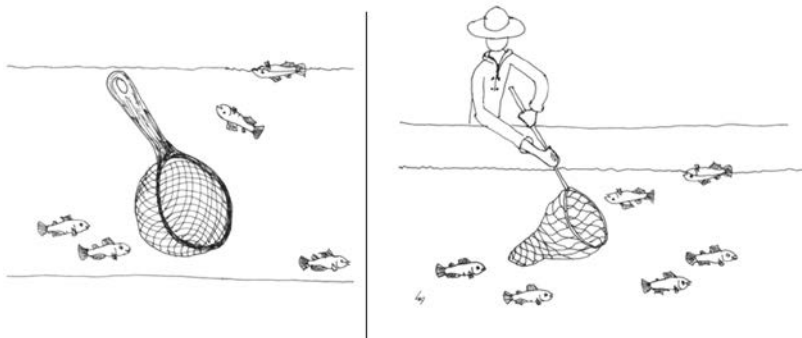


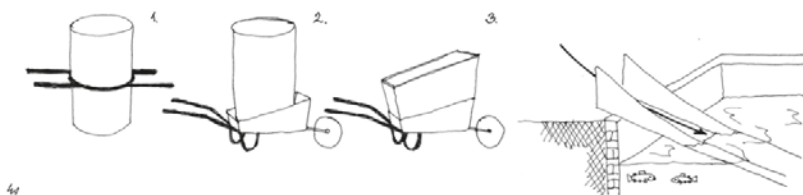
Рис. 1.2. Удаление мертвой рыбы

Удаление экскрементов из рыбоводных емкостей также должно быть частью ежедневного распорядка. Течение воды бывает недостаточно сильным для вымывания твердых отходов из емкости для выращивания, особенно при выращивании молоди. По этой причине важно часто удалять экскременты и оставленные (несъеденные) частицы корма. Это делается с помощью сифона. Для облова мальков, сеголетков и товарной рыбы используются различные сети, дели и методы вылова. Как правило, применяются безузловые дели, не повреждающие рыбу. При вылове рыбы сетями следует избегать излишне больших плотностей форели в сети, пространстве.

Перемещения рыб должны происходить в воде, независимо от их размера и возраста. Форель, перемещаемая без воды, может не пережить шока. Также важно выпускать рыбу бережно, поэтому ведра или емкости, в которых рыба переносится, должны быть опущены в воду, в которую рыба выпускается. Бережный выпуск в большие бетонные бассейны или земляные пруды должен осуществляться через желоб (рис. 1.3).



Перемещение мальков (I) и сеголетков (II) должно всегда происходить быстро и в воде. Процесс зарыбления включает в себя проверку и, в случае необходимости, выравнивание температур воды и бережный выпуск рыб на новое место.



Перемещение более крупной рыбы также должно происходить в воде и быстро. Процесс зарыбления включает в себя проверку и, в случае необходимости, выравнивание температур воды и бережный выпуск рыб на новое место с помощью рыбного желоба.

1–3. Ёмкости для перемещения живой рыбы.

Рис. 1.3. Перемещение рыбы

Сортировка растущей рыбы является элементарной задачей в форелевых хозяйствах. При сортировке все стадо, содержащееся в бассейне или пруду, проверяется и разделяется на группы согласно размеру. Без сортировки крупные особи нападают на мелких, пощипывая или кусая их за хвост и плавники, что также может закончиться каннибализмом. Существуют механические и ручные сортировочные устройства. Из ручных устройств сортировочные ящики используются для молоди, тогда как с помощью сортировочных столов сортируется крупная рыба. Молодь должна сортироваться каждые 15–60 дней, а крупные рыбы – каждые 30–90 дней, если только рыбное стадо не становится разнородным за более короткий промежуток времени. Одним из практических способов сортировки является разделение первоначального стада рыб на две группы. Таким образом, в эти две группы попадают особи крупнее среднего и меньше среднего размера со-

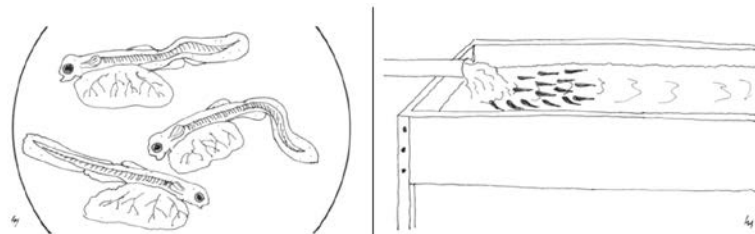
ответственно. Если первоначальное стадо является очень разнородным по размеру, то вместо двух следует сформировать три новые группы. Важно помнить, что в процессе сортировки рыба не должна без необходимости оставаться без воды. По этой причине наилучшим решением является сортировка рыбы, особенно молодых возрастных групп, в воде по мере возможности. Если рыбы должны пройти через «сухую» сортировочную решетку, то они должны попадать в воду сразу после прохождения ее.

Управление водой в рыбоводных емкостях и бассейнах.

Если проточность воды меньше, чем требуется, развитие икры, мальков и взрослых рыб подвергается риску. В рыбоводном бассейне правильных размеров течение должно обеспечивать всем рыбам достаточное количество свежей воды, но также должно быть довольно быстрым – более 3 см/с (1,8 м/мин), чтобы вымыть из лотка или бассейна большую часть взвешенных отходов. Течение воды должно быть пропорционально размеру и количеству рыб в рыбоводных лотках и бассейнах. Если течение воды слишком быстрое, рыбы используют дополнительную энергию, чтобы удержаться в течении. По этой причине слишком сильное течение также является неблагоприятным. Таким образом, исключительно важно позаботиться о соответствующем водоснабжении и поддерживать приемлемое течение воды для обеспечения достаточного количества кислорода и удаления отходов, таких как экскременты и несъеденные частицы корма. Признаки недостаточной проточности во время инкубации икры или развития предличинки не являются однозначными. Постоянно низкие уровни содержания кислорода в воде приводят к порокам развития, а также к гибели эмбрионов и предличинки. У мальков, сеголетков и старших возрастных групп форели явным признаком недостатка воды (кислорода) является то, что они собираются рядом с водовпуском (рис. 1.4). Острый недостаток водоснабжения может привести к гибели рыб, тогда как менее острый, но долгосрочный (хронический) недостаток воды приводит к потере аппетита.

Влияние течения воды на распределение рыб.

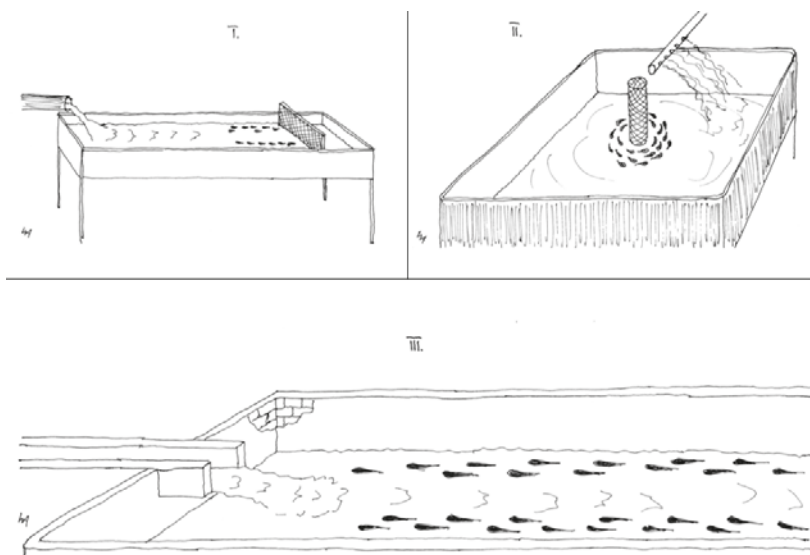
Признаки чрезмерной проточности и слишком сильного течения отличаются от вышеописанных (рис. 1.5). Наиболее явными признаками сильного течения воды являются завихрения, наблюдаемые в рыбоводных лотках и бассейнах. Другие явные признаки отмечаются, когда рыбы с заметным трудом плывут против течения, а более слабых или больных рыб сносит течением.



Недостаточная проточность приводит к появлению уродств у личинок рыб.

При недостаточной проточности рыбы собираются у места поступления воды.

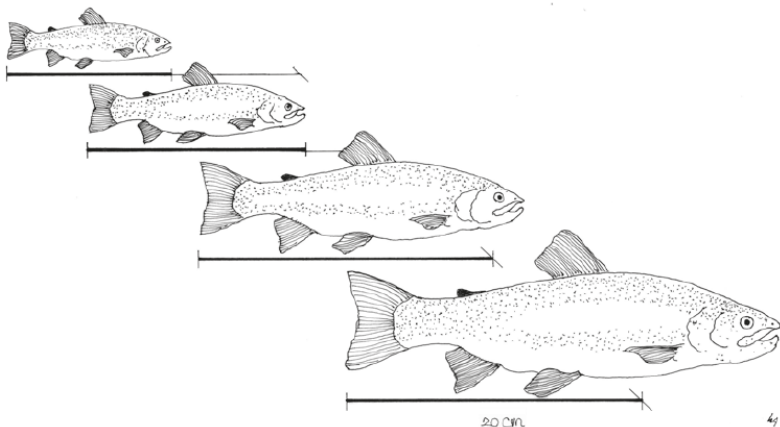
Рис. 1.4. Признаки недостаточной проточности



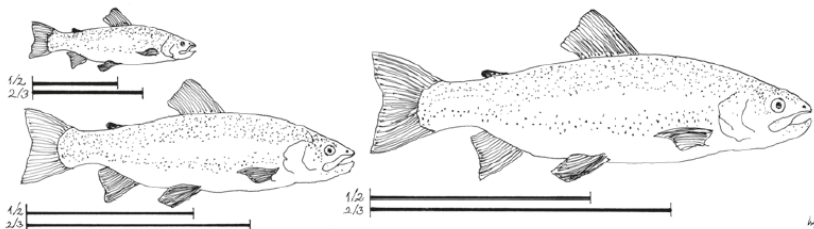
I. В лотках для выращивания мальков рыбы собираются у стенок, отдалённых от водовпуска. II. В рыбоводных бассейнах, где вода движется по кругу, рыбы не занимают равномерно всё пространство бассейна, а скапливаются в его середине. III. В крупных прямоточных каналах и рыбоводных прудах рыбы также ищут укрытия у боковых стенок бассейна.

Рис. 1.5. Влияние течения воды на распределение рыб

Скорость течения воды в лотках и бассейнах должна соответствовать размеру выращиваемой рыбы (рис. 1.6).



I. Скорость течения воды за 1 секунду не должна превышать абсолютной длины выращиваемой рыбы. Кроме того, даже если длина рыб превышает 20 см, максимальная скорость течения воды не должна быть более 20 см/с (12 м/мин).



II. Оптимальная скорость течения воды для мелких рыб составляет 2–3 см/с (1,2–1,8 м/мин), для крупных – 4–10 см/с (2,4–6 м/мин). Однако фактическая скорость течения в секунду не должна превышать половины или трёх четвертей длины выращиваемых рыб.

Рис. 1.6. Течение воды и размер рыб

Сортировка и вылов форели из бассейна.

Обычно рост форели в бассейне неравномерный. Это связано с особенностью питания хищников. Более активные рыбы быстрее проглатывают корм, а становясь крупнее, отгоняют от места кормежки более мелких рыб. Со временем разница в размерах рыб может увеличиваться в 2 раза. В связи с этим необходимо производить сортировку и крупную рыбу содержать отдельно от мелкой.

Сортировку можно производить в одном бассейне. Для этого на ширину бассейна устанавливается сетка высотой 1,0 м и ячеей 0,5 см, перегородивающая его на две части. Сетка должна плотно прилегать к стенкам и дну бассейна.

Первая сортировка производится через 30 дней после зарыбления бассейна (когда будет замечена разница в росте между рыбами на 15–20 %).

Очистка бассейна производится с помощью щетки, насаженной на трубку, к которой, в свою очередь, прикреплен гибкий шланг. Щетка работает по принципу пылесоса. Для этого шланг прикреплен к насосу. Необходимо учитывать, что остатки корма, экскременты и обростания, поступающие с откаченной водой, являются прекрасным удобрением для выращивания овощей.

1.2. Общие рекомендации по кормлению радужной форели

Рациональное кормление форели полноценными кормами является основным условием успешной деятельности хозяйства. Форель должна получать своевременно корм, включающий все необходимые питательные вещества: белки с набором незаменимых аминокислот, жиры, углеводы, витамины, минеральные соли и др. (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Необходимое количество основных питательных веществ в кормах для форели, %

Ингредиенты	Для молоди (стартовый корм)	Для товарной форели (производственный корм)
Протеин	45–53	38–45
Жир	11–13	11–20
Углеводы	15–20	25–30
Клетчатка	1,5–2	3–5
Минеральные соли	10–12	10–15
Энергия общая, тыс. ккал/кг	4,5–5,0	4,0–4,5
Энергия с учетом перевариваемости, тыс. кДж/кг	3,0–3,5	2,5–3,0

Потребность в тех или иных веществах у радужной форели меняется с возрастом, половым созреванием и изменением абиотических факторов внешней среды.

Протеины, или белки, являются высокомолекулярными органическими азотистыми соединениями. Белками их называют по сходству

внешнего вида с белками куриного яйца; хотя есть белки (фиброин, кератин) другой консистенции. Протеины делят на две группы: 1) простые белки (собственный протеин) и 2) сложные белки (протеиды). Протеины обеспечивают рост органов и тканей. Кормовой протеин содержит белковую и небелковую форму азота.

Полноценность белка определяется наличием незаменимых аминокислот, не синтезируемых в организме. Из общих для всех белков 24 аминокислот 10 относятся к незаменимым. Исследования показали, что для некоторых рыб, в том числе и лососевых, незаменимыми оказались те же аминокислоты, которые являются незаменимыми и для высших животных. Для форели полноценными являются корма, содержащие белки животного происхождения. Потребность форели в протеине меняется с возрастом: если в сухих кормах для молоди его должно быть 40–55 %, то для взрослой рыбы достаточно 34–40 %. При составлении рационов нужно учитывать, что недостаток протеина задерживает рост и может привести к ожирению (при избытке жиров), а избыток повышает энергетический обмен и приводит к непроизводительным тратам этого ценного продукта. При недостатке в рационе жиров и углеводов протеин используется в организме рыб в качестве источника энергии в ущерб своей основной функции – белкового обмена и роста тела.

Протеин усваивается лососевыми рыбами на 80–85 %, но молодь – несколько хуже, чем взрослыми особями. Эффективность усвоения протеина зависит от энергетической обеспеченности диеты. Наиболее эффективны корма, содержащие 55–65 % калорий за счет протеина. При кормлении ими на 1 кг прироста требуется 500–650 г белка. Превышение этого уровня свидетельствует о неполноценности ингредиентов корма или о несбалансированности диеты. Растительный протеин усваивается лососевыми рыбами несколько хуже, чем животный, однако, учитывая более низкую стоимость кормов, содержащих растительный протеин, по сравнению с кормами, включающими протеин животного происхождения, использование таких кормов экономически бывает оправдано.

Но некоторые авторы указывают, что в корма молоди форели нежелательно включать протеин растительного происхождения. Отмечено, что при низких температурах повышенное содержание белка в корме используется не полностью, а при возрастании концентрации сухого корма повышается потребность рыбы в кислороде.

Жиры – концентрированный источник энергии в организме. Они выполняют многие жизненно важные функции. При недостатке жиров в рационе энергетические затраты частично покрываются за счет белков, при избытке ухудшаются физиологические показатели рыб вследствие жирового перерождения печени, почек, ухудшения гематологических показателей. При составлении рационов для форели разного возраста необходимо учитывать оптимальное соотношение содержания в кормовом рационе белков и жиров.

В рационах для молоди форели предпочтительнее использовать рыбий жир, для старших групп – растительное масло и фосфатиды, которые содержат естественные антиокислители (антиоксиданты) и поэтому могут сохраняться в течение длительного времени. В остальных источниках ненасыщенных жирных кислот естественных антиоксидантов мало, и поэтому они быстро окисляются (прогоркают) и становятся токсичными для рыбы. Образующиеся при прогоркании ядовитые перекиси вызывают у рыб малокровие, побеление жабр, жировое перерождение печени и почек, мышечную дистрофию, а также разрушают витамины и могут оказывать канцерогенное действие на организм.

Твердые жиры животного происхождения усваиваются форелью на 60–70 %, а при низкой температуре могут привести к закупорке пищеварительного тракта у молоди.

Углеводы, как и жиры, являются источником энергии. Содержание переваримых углеводов в рационе не должно превышать 12 %, а общее содержание в корме (с учетом их средней переваримости 40 %) – 25–30 %. В корме молоди их содержание должно быть еще меньше, что связано с низкой скоростью выработки инсулина – фермента, перерабатывающего углеводы, в связи с чем углеводный обмен форели носит характер диабетического. Перегрузка рациона углеводами повышает отношение массы печени к массе тела до 4–5 % (при норме 2,0–2,8 %), вызывает побледнение печени, водянку брюшной полости.

Углеводами богаты дрожжи, соевый шрот и жмыхи, мука из злаков, сухое обезжиренное молоко, обрат.

Минеральные вещества. Биохимические процессы в организме рыб проходят с участием минеральных веществ, которые содействуют установлению кислотно-щелочного равновесия, влияют на скорость усвоения пищеварительных веществ, создают оптимальные условия для прохождения ферментативных процессов, играют основную роль в процессах промежуточного обмена. Наличие оптимального количества

минеральных веществ в корме способствует повышению его физиологической полноценности, ускорению роста, снижению отходов, увеличению зимостойкости рыбы.

Для форели необходимы Ca, P, Mg, K, S, Cl (макроэлементы), концентрация которых бывает более 50 мг на 1 кг массы тела рыбы, и Fe, Cu, Mn, Co, Zn, Mo, Se, Cr (микроэлементы), количество которых составляет обычно менее 50 мг на 1 кг массы тела. В тканях были обнаружены бром, бор, мышьяк, ванадий, кадмий, барий, стронций, но их потребность и функции недостаточно ясны.

Кальций участвует в образовании костей и свертывании крови. Железо необходимо для образования гемоглобина и др. Сера входит в состав многих белков и инсулина. Кобальт оказывает влияние на кроветворение. Марганец связан с гормонами и витаминами. Цинк содержится в инсулине и эритроцитах. Кальций, фосфор, кобальт и хлор активно поглощаются из воды. Кальций входит в состав костной ткани и участвует в осморегуляции, фосфор – в молекулы нуклеидов и фосфолипидов и участвуют в обмене ферментов. Калий и натрий – осморегулирующие ионы, магний активизирует деятельность ферментов поджелудочной железы. Железо необходимо для образования и функционирования гемоглобина и других соединений.

Отдельные элементы могут вступать в антагонистические взаимоотношения. Одни подавляют другие. Дефицит йода вызывает увеличение щитовидной железы у форели, а недостаток кобальта снижает темп роста и гематокрит радужной форели. Дефицит магния вызывает потерю аппетита, ухудшение роста, вялость, судороги и высокую смертность.

Микроэлементы – кобальт, марганец, цинк, йод – воздействуют на кроветворение и деятельность многих ферментов, являясь их составными частями.

Нормальная жизнедеятельность форели проходит только при определенном уровне минеральных солей. Вопрос этот изучен недостаточно. Потребность форели в минеральных веществах очень мала. В пресной воде микроэлементы поступают в организм форели в основном с пищей, частично аккумулируются жабрами и кожей рыб. В морской воде содержится набор солей в соотношениях, оптимальных для форели, и она способна сама регулировать потребление солей. Поэтому в корм форели, выращиваемой в морской воде, минеральные вещества можно не добавлять. Потребность в них меняется в зависимости от возраста и условий выращивания. Недостаток отдельных элементов

приводит к отклонениям в физиологическом состоянии и заболеванию форели (табл. 1.2).

Обычно компоненты в составе кормовой смеси полностью не удовлетворяют потребности рыбы в минеральных веществах, поэтому их часто добавляют дополнительно в виде минеральных премиксов.

Таблица 1.2. Симптомы недостатка минеральных веществ в рационе форели

Минеральное вещество	Симптомы при недостатке	Потребность, мг
P	Замедленный рост, неправильное развитие скелета	0,6–0,8
Mg	Замедленный рост, конвульсии, повышенное содержание кальция	0,05–0,07
Fe	Анемия	–
Zn	Замедленный рост, эрозия плавников и кожи, высокая смертность, катаракта	15–30
Mn	Замедленный рост, неправильное развитие скелета	12
Cu	Замедленный рост	0,1
Co	Замедленный рост	0,1

Минимальный уровень потребности в минеральных солях у форели составляет 4–5 % (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Потребность в минеральных веществах молоди форели

Минеральный элемент	Потребность рыбы в сутки, мг/кг	Необходимое содержание в 1 кг корма
Фосфор	20–600	0,4–12 г
Кальций	До 700	До 14 г
Магний	15–30	До 600 мг
Железо	До 8	До 160 мг
Цинк	До 5	До 100 мг
Медь	До 0,3	6 мг
Марганец	До 0,1	2 мг
Кобальт	До 0,01	0,1–1,2 мг
Йод	До 0,03	0,6–2,8 мг
Селен	До 0,02	0,1–0,25 мг

Равномерный и быстрый рост радужной форели обеспечивает 5%-ная добавка следующих веществ в корм (г на 100 г корма) (табл. 1.4).

Таблица 1.4. Минеральные вещества, добавляемые в корм форели

Минеральные вещества	Количество, г	Минеральные вещества	Количество, г
Na	0,20	Fe	0,20
K	0,46	Zn	0,004
Mg	0,073	Mn	0,002
P	0,85	Cu	0,0004
Ca	0,20	Co	0,00012
SO ₄	0,29	S	0,0008
Cl	0,03		

Минеральные вещества могут поступать в организм рыб из воды и пищи. В организме животных обнаружено свыше 70 химических элементов. Кислород, углерод, водород, кальций и фосфор являются макробиогенными элементами. В организме содержится более 1 % каждого из них. Другие шесть элементов (калий, сера, натрий, хлор, магний, железо) олигобиогенные, содержание каждого из них колеблется в организме от 0,1 до 1 %. Содержание каждого из микробиогенных элементов не превышает 0,01 %. К ним относятся марганец, молибден, цинк, фтор, бром, йод. Ионы металла (особенно при его недостатке) могут замещаться в организме близким по химическим свойствам и ионному радиусу ионом другого элемента, обычно соседа по группе периодической системы. Например, ванадий может занимать место молибдена, кобальт – железа, стронций – кальция, рубидий – калия, литий – натрия. Иногда взаимозаменяются ионы весьма различных по своим свойствам элементов, например ионы магния ионами марганца. Возможно, некоторые микроэлементы становятся крайне необходимыми организму и вступают в активный цикл только при состояниях метаболического стресса. Минеральные вещества поступают в организм рыб через жабры и кожу. А. А. Яржомбек и др. обнаружили высокую скорость усвоения организмом карпа микроэлементов из их солей: сульфата меди, хлорида марганца, сульфата цинка, хлорида кобальта, введенных в виде общей смеси. Минеральные компоненты следует вводить в рацион в том случае, когда их не хватает. Поэтому при составлении минеральных смесей следует применять только кормовые препараты, выпускаемые для нужд сельского хозяйства, а химические соединения, вводимые с целью улучшения обеспеченности рыб микроэлементами должны иметь квалификацию не ниже «Ч». Соли микроэлементов поступают на комбикормовый завод различной влажности и степени измельчения. Соли среднего и крупного размола

требуют измельчения. Серноокислые и хлористые соли микроэлементов слеживаются – это вызвано их высокой гигроскопичностью, а соответственно, и высокой влажностью (25–39 %). Углекислые соли микроэлементов содержат незначительный процент влаги (0,02–12 %). Влажность солей следует учитывать при дозировании внесения микроэлементов в корма. Вносить в корма следует водорастворимые соли, а при расчете доз этих солей предварительно определяют содержание элемента в них. При расчетах не следует забывать о кристаллизационной воде, если в корм добавляют кристаллогидрат, а не безводную соль. Например, для внесения в корм 3 г кобальта следует взять хлорида кобальта 6,06 г, а того же хлорида кобальта в виде кристаллогидрата – 12,04 г, т. е. почти в 2 раза больше. При аномально высоком содержании какого-либо элемента в воде или корме следует уменьшить дозировки элементов-синергистов и увеличить – антагонистов. Включение в комбикорма сбалансированного количества серноокислых солей марганца, магния, цинка, хлорида и бикарбоната натрия, углекислого кобальта, солей кальция, меди, диаммонийфосфата значительно повышает эффективность использования комбикормов и обеспечивает ускорение роста рыб на 27–30 % при тех же затратах кормовых единиц.

Количественный и качественный подбор солевых компонентов основан на анализе действия определенных элементов на метаболические процессы, протекающие в организме пресноводных рыб с учетом действия теплового фактора среды. Вводимые в корма соли магния, марганца и цинка в сочетании с бикарбонатом натрия активируют процессы усвоения углекислоты, усиливая биосинтез органических соединений. Введение диаммонийфосфата преследует цель частичной замены органического азота кормов на азот аммонийных солей, а также обогащения кормов фосфором, необходимым для роста и развития организма рыб. Кобальт обладает активирующим действием по отношению к костной щелочной фосфатазе, известно также его положительное влияние на ассимиляцию азота, углекислоты, биосинтез мышечных белков. Некоторые из добавляемых элементов активируют соответствующие ферменты, другие являются пластическим материалом.

Нормализующее влияние на обмен липидов оказывает добавление в корм холина, витамина В, тиамин, метионина. Эти биологически активные соединения не только существенно ограничивают липогенез, но и увеличивают прирост рыб. Внесение лимитирующих микроэле-

ментов приводит к экономии основных биогенных элементов вследствие лучшего их использования и продуктивного действия. Эти данные следует иметь в виду при выборе микроэлементов и дозировок вносимых препаратов. В практике рыбоводства известно немало примеров случайного выбора микроэлементов и их концентраций, избранных для опытов на зарыбленных водоемах. Отсутствие учета биогеохимических факторов в лучшем случае ведет к получению противоречивых результатов, в худшем – к загрязнению экосистемы опасными ингредиентами. В отличие от ошибок в применении обычных удобрений, вызывающих, как правило, лишь снижение хозяйственных показателей, грубые ошибки в применении микроудобрений имеют более опасные последствия, поскольку микроэлементы способны аккумулироваться отдельными звеньями экоцепей и вызывать токсические эффекты. В настоящее время не стоит вопрос – вносить или не вносить микроудобрения, особенно в случаях явного лимитирования по одному или нескольким элементам, но следует проявлять осмотрительность в выборе форм, используемых соединений, доз, режима и способов внесения микроудобрений в воду.

Химические элементы Cu, Zn, Fe, Mn, Co, присутствующие в микродозах, являются незаменимыми для жизни рыб. При их недостатке наблюдаются не только уменьшение скорости роста, но и аномальные явления у рыб.

Железо – это важный для жизни химический элемент. Он входит в гемоглобин. В воде железо содержится в форме Fe_3^+ (окисное железо) и Fe_2^+ (закисное железо). Содержание закисного железа не должно превышать 0,05 мг/л.

Двухвалентное железо легко окисляется и переходит в трехвалентное. Токсичность железа усиливается с понижением pH воды. При pH менее 6 солей железа не должно быть в воде.

Элемент	Размерность	Диапазон
Железо	мг/л	Менее 0,10
Магний	мг/л	15–30
Марганец	мкг/л	2–10
Цинк	мкг/л	Менее 5
Медь	мкг/л Щелочность – менее 100, мг/л	6
	Щелочность – более 100, мг/л	30

Кадмий	мкг/л Щелочность – менее 100, мг/л	0,5 5
	Щелочность – более 100, мг/л	
Селен	мкг/л	Менее 10
Никель	мкг/л	100

В воде должны присутствовать микроэлементы в концентрациях, не превышающих данных, приведенных ниже.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроэлементов, рассеянных элементов и тяжелых металлов в воде рыбохозяйственных прудов и водоемов, мкг/л.

Элемент	ПДК	Элемент	ПДК
Алюминий	50	Никель	10
Барий	50	Ниобий	10
Бериллий	10	Олово	2000
Бром	200	Ртуть	Не допускается
Бор	17	Рубидий	14000
Ванадий	100	Свинец	100
Висмут	100	Селен	10
Вольфрам	700	Сера	1000
Галлий	100	Серебро	50
Германий	100	Стронций	2000
Железо	300	Сурьма	50
Индий	500	Таллий	2000
Золото	60	Теллур	10
Йод	100	Титан	100
Кадмий	5	Торий	400
Кобальт	10	Уран	600
Лантан	150	Фтор	1500
Литий	5000	Хлор	10
Марганец	100	Хром	500
Медь	10	Церий	150
Молибден	500	Цинк	10
Мышьяк	50	Цирконий	15000
Натрий	50000		

Витамины – особая группа веществ, незаменимые для жизни органические вещества разнообразной структуры, выполняющие роль биокатализаторов химических реакций и реагентов фотохимических процессов, протекающих в живой клетке, и участвующие в обмене веществ в составе ферментных систем. Биосинтез витаминов происходит

в основном вне организма животного, и поэтому витамины должны поставляться извне, с пищей. Авитаминозная пища приводит к резко выраженному нарушению обмена веществ у рыбы. Лишь после изучения роли витаминов стал возможен перевод рыбы с естественных кормов на искусственные комбикорма.

Несмотря на многообразие химического строения, витамины подразделяются всего на две группы:

1) *жирорастворимые* – А – ретинол, D – холекальциферол, E – а-токоферол, K – менадион;

2) *водорастворимые* – B₁ – тиамин, B₂ – рибофлавин, B₆ – пантотеновая кислота, B₄ – холин-хлорид, B₅ – никотинамид, B₆ – пиридоксин, B₁₂ – цианокобаламин, B_c – фолиевая кислота, P, PP и др.

Основной природный биосинтез витаминов осуществляется растениями. В организме животных витамины аккумулируются в печени, селезенке и других органах и расходуются в процессе жизнедеятельности.

Отсутствие тех или иных витаминов вызывает авитаминозы (табл. 1.5).

Таблица 1.5. Потребность в витаминах и симптомы их недостаточности у лососевых рыб

Витамины	Симптомы недостаточности	Потребность на 1 кг корма
1	2	3
А – ретинол, аксерофтол, про- тивоксерофтальмический витамин	Повышение смертности, снижение темпа роста, побеление тела, гепатома жабр и глазного яблока, пучеглазие, ослабление функции печени, ухудшение показателей крови	12–20 тыс. ИЕ
D – кальциферол, D ₂ – эргокальциферол, D ₃ – холекальциферол	Снижение темпа роста, недоразвитие жаберных крышек, рахит, нарушение химического состава крови	2–4 тыс. ИЕ
E – токоферол, α – токоферол	Повышение смертности, снижение темпа роста, перерождение жабр, анемия, липоидная дегенерация печени, водянка брюшной полости	20–70 мг
K – филлохинон, фаркохинон, K ₃ – викасол	Снижение темпа роста, замедление свертывания крови, пониженный гематокрит, анемия, поражение печени	10–20 мг

Продолжение табл. 1.5

1	2	3
В ₁ – тиамин, аневрин, фактор бери-бери	Повышение смертности, потеря аппетита, снижение темпа роста, нарушение гидростатической функции, потемнение кожных покровов, анемия, водянка брюшной полости, мозговые повреждения, ожирение печени	15–20 мг
В ₂ – рибофлавин, лактофлавин, овофлавин	Повышение смертности, потеря аппетита, снижение темпа роста, потеря координации, помутнение хрусталика глаз, кровоотечение из глаз, светобоязнь	30–50 мг
В ₃ – пантотеновая кислота	Повышение смертности, потеря аппетита, снижение темпа роста, разрастание жаберного эпителия, опухоль жаберных пластинок, появление на коже обильной слезы	100–150 мг
В ₅ – РР-никотинамид, ниацин, никотиновая кислота	Повышение смертности, потеря аппетита, снижение темпа роста, отеки кишечника, конвульсии, опухание жабр, светобоязнь, появление на голове эрозийных белых пятен	100–450 мг
В ₆ – пиридоксин, адермин, фактор R	Повышенная смертность (при отсутствии полная смертность через 2 недели), потеря аппетита, расстройство нервной системы, конвульсии, судороги, анемия, водянка брюшной полости, появление на печени беловатых пятен	15–25 мг
В ₁₂ – цианокобаламин, оксикобаламин, фактор животного протеина	Снижение темпа роста, потеря аппетита, снижение концентрации гемоглобина и количества эритроцитов, фрагментация эритроцитов, потемнение окраски тела	0,01–0,05 мг
В _с – В ₉ , М – фолиевая кислота, фактор U ферментативный	Повышение смертности, снижение темпа роста, анемия, ломкость хвостового плавника, потемнение окраски тела	5–10 мг
Н – В ₇ – биотин, фактор W, коэнзим R	Повышенная смертность, потеря аппетита, снижение темпа роста, мускульная атрофия, поражение кишечника, разрушение эритроцитов	4–5 мг

1	2	3
С – аскорбиновая кислота	Повышенная смертность, сколиоз, внутренние кровоизлияния, пониженный гематокрит	200–500 мг
Холин, витамин В ₄	Снижение темпа роста и эффективности кормления, малокровие, ожирение печени и почек, кровотечения в печени и кишечнике	500–3000 мг
Парааминобензойная кислота – витамин Н ₁	Снижение темпа роста и эффективности кормления, анемия	100–200 мг
Инозит – витамин В ₈ , мезоинозит	Снижение темпа роста и аппетита, разрушение плавников, анемия, вздутие желудка, потемнение окраски тела	250–500 мг

При кормлении рыб кормами, не содержащими витаминов, наблюдаются отставание в росте и нарушение обмена веществ. Специалистами выявлены потребность лососевых рыб разного возраста в витаминах и симптомы витаминной недостаточности.

Потребность лососевых точно установлена в 16 витаминах.

Кормление форели в условиях выращивания проводят специализированными сухими кормами, полноценными по содержанию усвояемого протеина и жира. В настоящее время имеется множество выпускаемых заводским методом форелевых кормов разных производителей, предназначенных для различных размерных и возрастных групп рыбы. Для Республики Беларусь форелевые корма поступают преимущественно из Польши, Голландии и России, где имеются дистрибьюторы известных брендов или собственные производители. К таковым следует отнести Aller aqua A/C (Дания), Aller aqua Polska (Польша), BioMag (Дания), филиал компании BioMag в Российской Федерации (г. Санкт-Петербург), Rehugaisio (Финляндия), Aquagex (г. Тверь, Россия), Sorrens (Голландия).

Экструдированные корма имеют пористую внутреннюю текстуру, которая возникает вследствие резкого выброса пара из материала кормовой смеси (эффект микровзрыва) в момент его выхода из экструдера. В результате воздействия давления и температуры в обрабатываемом материале происходит денатурация белка, декстринизация крахмала, а также полная стерилизация корма. Частицы экструдированных кормов являются более прочными, чем частицы гранулированных кормов, поэтому крошимость и отсев экструдированных кормов со-

ставляет менее 1 %, а гранулированных кормов – от 5 до 8 %. Крошимость гранулированных кормов, производимых российскими заводами, составляет до 10 % и более.

Таким образом, при использовании экструдированных кормов на 75 % уменьшается количество пыли, попадающей в воду при кормлении рыбы, и снижается прямое загрязнение воды. Экструдированные производственные корма являются более водостойкими и полностью сохраняют свою форму и структуру в течение 24 часов пребывания в воде. Водостойкость гранулированных кормов не превышает 4 часов.

Производственные корма в экструдированном виде более эффективно усваиваются рыбой, при их использовании можно получить низкие кормовые коэффициенты и уменьшить загрязнение воды отходами рыб. Так, например, при выращивании радужной форели на экструдированных кормах можно получить кормовые коэффициенты в пределах 0,6–0,8, тогда как на гранулированных кормах нижний предел кормовых коэффициентов составляет 1,2–1,4.

Форелевые экструдированные корма с высоким содержанием жира обладают большей переваримой энергией, их протеин в большей степени расходуется на рост тканей тела, при этом, соответственно, уменьшаются показатели загрязнения окружающей среды продуктами обмена рыб.

Кормление является наиболее высокочередным элементом форелеводства. В прошлом форель кормили сорной рыбой, внутренностями, боенскими и прочими отходами. Широко распространено мнение о том, что использование перечисленных в табл. 1.6 компонентов для откорма является неудобным и загрязняет как рыбоводные бассейны, пруды, так и окружающую среду.

Следующим этапом в развитии форелеводческой отрасли стало составление и использование различных видов высокобелковых кормов. Их кормовой коэффициент (КК) колебался между 2 и 3. В современной форелеводческой индустрии традиционные корма окончательно заменены на высокоэффективные гранулированные сухие корма (КК = 0,6...1,1). В некоторых публикациях поддерживается использование кормов собственного изготовления, однако это может считаться целесообразным только с некоторыми оговорками. Корма собственного производства могут показаться подходящим решением, особенно когда коммерческие форелевые корма труднодоступны. Однако для этого необходимо, чтобы ингредиенты кормов были легкодоступны в данном месте, поставлялись постоянно в необходимом количестве и

качестве и по доступным ценам. В этом случае следует выбрать и замешать одну из многочисленных рецептур форелевых комбикормов. Обширный опыт многих хозяйств доказывает, что нередко единственной осуществимой и финансово целесообразной возможностью остается приобретение коммерческих кормов.

Таблица 1.6. Традиционные корма для форели

Для мальков		Для откорма 100–250-граммовых рыб	
Вид корма	Кормовой коэффициент	Вид корма и содержание протеина (%)	Кормовой коэффициент
Daphia sp.	6–7	Свинная печень (18 %)	7,9
Хирономиды	4,2	Сорная рыба (16–21 %)	4,6–4,9
Tubifex sp.	4,1	Молотое куриное мясо (15–18 %)	6,2–6,7
Коровья селезенка	5,6–9,8	Коровья селезенка (18–21 %)	5,0–5,1
Свинная печень (вареная)	7,9	Свинная печень (17–19 %)	6,5–6,8
Вареная кровь	6,2–9,8	Вареная кровь (16–21 %)	5,2–9,8

При оценке коммерческих кормов параметрами, которые следует принять во внимание при их покупке и использовании, являются ожидаемый КК и стоимость. Как правило, цена корма обратно пропорциональна его КК – чем ниже КК, тем выше цена корма. Однако экономические расчеты подтверждают, что более дешевый корм с более высоким КК обойдется более дорого, чем дорогой корм с особенно низким КК. По этой причине многие рыбоводы используют качественные и дорогие корма на первых стадиях развития, когда рыбы потребляют мало корма, но являются наиболее уязвимыми и чувствительными. Как правило, производители коммерческих кормов указывают рекомендуемые суточные рационы для своих кормов. Если рационы не указаны на рис. 1.7 и 1.8 даны указания по корректировке суточных рационов.

Суточные рационы кормов должны выдаваться в 2–24 равных порциях. Как правило, молодь следует кормить чаще, чем старшие возрастные группы (рис. 1.9). В случае повышения температуры воды частота кормления также должна быть увеличена. Частицы корма должны быть достаточно малы, чтобы рыбы могли легко схватить и проглотить их.

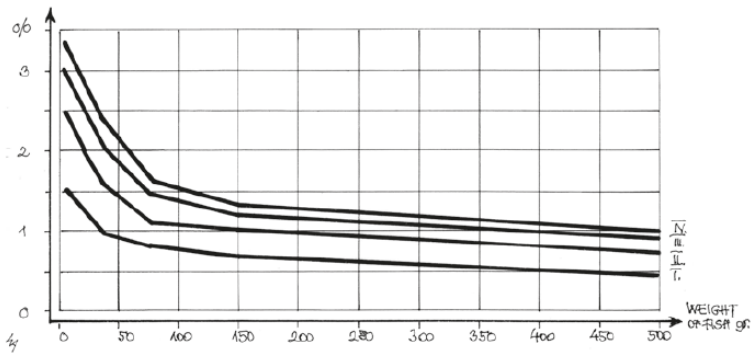


Рис. 1.7. Диапазон относительных суточных рационов кормления форели, %

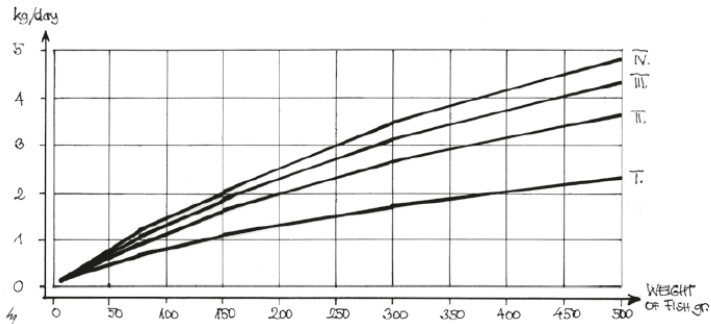


Рис. 1.8. Диапазон абсолютных суточных рационов кормления форели, кг на 1000 рыб

Личинки, поднявшиеся на плав*: 24–48 раз в сутки	Мальки и сеголетки: 6–8 раз в сутки	Растущая рыба: 4–6 раз в сутки	Передержка товарной рыбы: 3–4 раза в сутки

Рис. 1.9. Частота кормления и размер кормовых частиц

Практические аспекты кормления.

Техника ручного кормления. Наиболее широко используемыми методами кормления являются ручное и механизированное кормление. Из них предпочтение должно отдаваться ручному кормлению. Потеря рыбами аппетита является одним из наиболее заметных симптомов ряда различных проблем. Данный симптом может указывать, среди прочих, на недостаточное содержание кислорода в воде или развитие болезни у рыб. Поэтому ежедневное кормление является отличной возможностью для наблюдения за рыбами, выявления проблем и диагностирования болезней. На рис. 1.10. показано, что для обеспечения точной и равной дозировки кормов следует использовать калиброванные ложки и ручные совки.

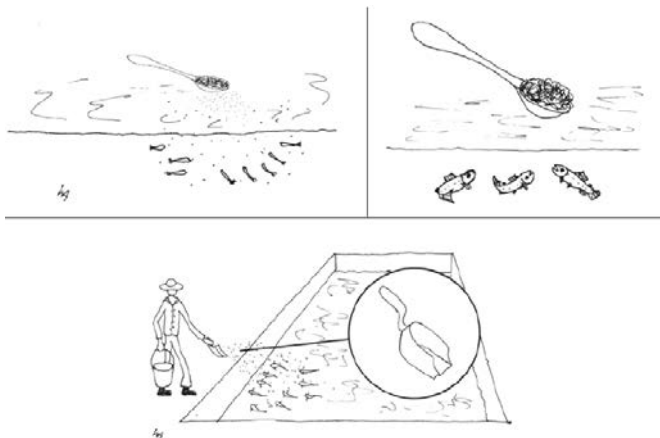


Рис. 1.10. Ложки и ручные совки для кормления рыб

Автокормушки и кормораздатчики. Автокормушки – это кормушки, выдающие корм в зависимости от аппетита рыб. Поскольку форель кормится очень жадно, эти кормушки могут привести к нежелательному переяданию рыб, если дозировка кормов не контролируется. Преимуществом механизированных и автоматических кормушек является то, что они экономят рабочую силу.

Наиболее типичными механизированными и автоматическими кормушками являются маятниковые автокормушки, используемые с 50-граммового размера рыб, и ленточные кормушки с часовым механизмом (рис. 1.11).

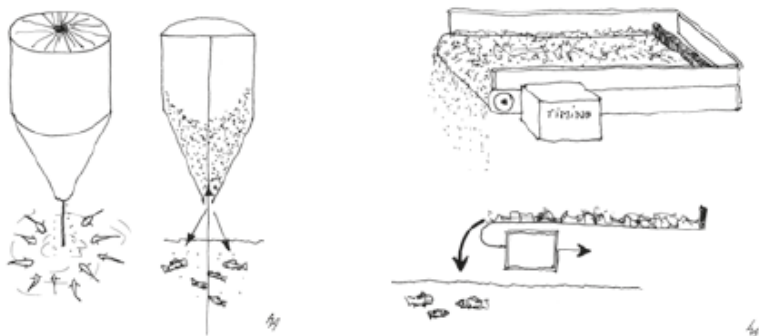


Рис. 1.11. Примеры автокормушек

Признаки проблем с кормлением. Очевидными признаками проблем, связанных с кормлением, являются увеличение различий в размерах отдельных рыб, рост агрессивности и каннибализм (рис. 1.12). Недостаточное снабжение кормом проявляется в появлении покусанных (поврежденных) и мертвых рыб.

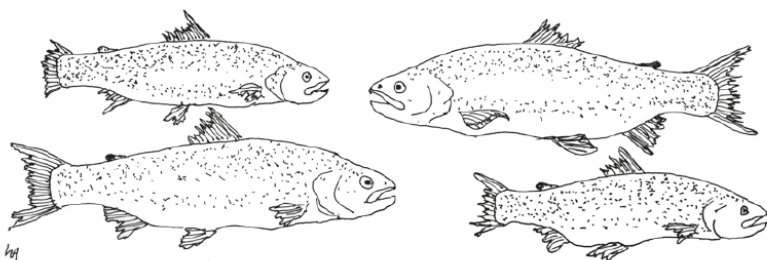


Рис. 1.12. Очевидные признаки проблем, связанных с кормлением

Хранение рыбных кормов. Качество купленных сухих кормов может быть сохранено только при правильном хранении их. Для этого должно использоваться сухое складское помещение или, в случае небольшого количества корма, сухие ящики. Корма должны храниться вне досягаемости грызунов (крыс, мышей и т. д.) и насекомых.

1.3. Питание рыбы и связанные с ним заболевания

С пищей организм рыбы снабжается энергией и «строительными материалами», необходимыми, в частности, для регенерации, роста и воспроизводства. Рыба крошит корм на мелкие кусочки, переносит их по пищеварительному тракту в систему кровообращения, а оттуда – по всему организму. Пища не усваивается кишечником целиком – часть ее удаляется из организма рыбы с фекалиями. При повышении температуры у рыбы ускоряется обмен веществ и, как следствие, увеличивается потребление кислорода и энергии. Интенсивность питания повышается до наступления определенной температуры, после чего по мере того, как температура начинает приближаться к максимальной – смертельно опасной точке, интенсивность питания начинает падать. Недостаток кислорода отрицательно влияет на рост рыбы, снижая эффективность кормления и аппетит. В процессе развития рыбы относительный обмен веществ замедляется, а потребление корма снижается. Хотя взрослая рыба ест меньше, чем молодая, у последней соотношение потребления пищи к массе тела (ежедневный рацион) больше. Важнейшими источниками энергии для рыбы являются жиры, белки и углеводы. Особое значение для здоровья рыбы имеют также витамины, минералы и микроэлементы, без которых останавливается рост и наступают различные авитаминозы (нередко с серьезными последствиями). В настоящее время для кормления рыбы в основном используются хорошо изученные готовые корма заводского изготовления, поэтому заболевания, связанные с питанием, не очень распространены. Но все-таки проблемы могут возникать, например, в результате несбалансированного питания, которое может привести к истощению или к лишней массе. Последствием истощения у рыб является снижение общего тонуса организма и подверженность заболеваниям. Размер гранул корма и время кормления должны быть подобраны правильно, а поток воды должен быть таким, чтобы еда доходила до мальков. Переедание может также привести к недостатку кислорода, особенно в летнюю жару, и к излишнему ожирению. За исключением пищевых отравлений, заболевания, связанные с питанием, обычно носят хронический характер. Симптомы проявляются только по прошествии длительного времени, когда рыба уже успевает значительно подрасти на определенном виде корма. У мальков первые признаки заболевания становятся заметны довольно быстро. Стандартными симптомами распространения болезни являются случаи смерти среди особей, поху-

дение, ухудшение способности к изменению окраски и изменения во внутренних органах, в первую очередь в печени, почках, костях. При подозрении, что заболевание вызвано кормом, следует действовать следующим образом:

- немедленно сменить корм;
- обратиться на фабрику, где производится данный корм;
- сохранить образец подозрительного корма, поместив его в морозильную камеру.

Неправильный состав или количество корма, а также плохое качество окружающей среды, т. е. воды, могут приводить к появлению тех же симптомов, что и инфекционные болезни рыб:

- ухудшение аппетита (например, неподходящий или испорченный корм, перепады температуры воды, низкое содержание кислорода, неприемлемый уровень рН);
- необычная манера плавания (например, неприемлемый уровень рН, низкое содержание кислорода);
- осветление верхнего покрова (например, низкое содержание кислорода, отравления);
- повышенное выделение слизи (например, неприемлемый уровень рН, отравления);
- кровотечения (например, низкий уровень рН, отравления, недостаток витамина В₁).

Заболевания, связанные с питанием

Синдром М74 (нехватка тиамина у мальков на стадии желточного мешка). Развитие и симптомы. При синдроме М74 вылупившиеся из икры мальки балтийского природного лосося заболевают и умирают на стадии желточного мешка. У лососей, употреблявших в пищу сухой корм, признаков синдрома М74 обнаружено не было. Типичными признаками синдрома М74 являются: плавание вне зоны тени, пассивность и неспособность ориентироваться в потоке воды. Среди явно выраженных симптомов также стоит упомянуть проблемы с удержанием равновесия и плаванием, движение по спирали, дрожание и накопление отложений белого цвета в желточном мешке. На основании одних только симптомов нельзя с уверенностью сделать вывод о наличии синдрома М74, но вот если мальки с такими симптомами хорошо реагируют на лечение тиамином, то можно установить данный диагноз. Уровень смертности зависит от производителя-самки, он

может достигать даже 100 %. Плавание самок на боку и необычная бледность икры нередко предшествуют смертности на стадии желточного мешка. С начала 1970-х гг. синдром М74 редко наблюдался у балтийского природного лосося, но начиная с 1990-х гг. уровень смертности сильно возрос, в том числе в поголовье лососей в реках.

Лечение. Смертность от синдрома М74 может быть снижена с помощью лечения тиаминем. Если проблема становится привычным явлением и данные о низком уровне тиамин у рыб-самок уже известны до нереста, необходимо обязательно провести инъекции проходных лососей гидрохлоридом тиамин (инструкция Evira). Если же проблема проявляется только в виде смертности вылупившихся мальков, рекомендуется их лечение тиаминными ваннами.

Один грамм гидрохлорида тиамин необходимо растворить в литре той же воды, в которой содержатся мальки с желточными мешками. После того как тиамин растворится (он может раствориться не полностью), необходимо с помощью бикарбоната натрия (пищевая сода, NaHCO_3) довести pH раствора до изначального уровня pH воды. Для нейтрализации образовавшегося диоксида углерода раствор необходимо продувать воздухом как минимум в течение одного часа. Мальков помещают в данный раствор на 1–3 часа. Во время проведения лечебной ванны рекомендуется насыщать воду кислородом. По окончании процедуры настройки, регулирующие поток воды, необходимо вернуть в то состояние, в котором они были во время инкубации. Допускаются и другие дозы раствора, но в этом случае необходимо обратиться к ветеринару-ихтиологу. Лечебную ванну лучше всего проводить сразу же при обнаружении первых признаков заболевания, обычно достаточно одной процедуры.

Если в партии рыб, ранее уже подвергавшейся данному лечению, возникают симптомы рецидива, процедуру следует повторить. Гидрохлорид тиамин довольно безопасен для мальков, важно только обеспечить правильный уровень pH в лечебной ванне.

Жировая дистрофия печени, или «жирная печень» (LLD, liver lipid degeneration). *Симптомы.* Болезнь развивается при кормлении рыбы прогорклыми жирами и (или) при недостаточном количестве регуляторов кислотности, т. е. антиоксидантов, в корме. Печень распухает, округляется и приобретает бронзовый оттенок, причиной чего являются накопившиеся в клетках печени красители. Те же красители могут скапливаться и в сердечной мышечной ткани, после чего она приобре-

тает желто-коричневый оттенок. При жировой дистрофии печени рыба становится анемичной, а ее рост замедляется.

Лечение. Запущенная болезнь лечению не поддается, но легкие случаи заболевания можно попытаться излечить, сменив корм на более качественный. Правильное хранение кормов препятствует прогорканию жиров.

Ботулизм. Возбудителем ботулизма является нейротоксин, который выделяется бактерией *Clostridium botulinum*. Эта бактерия существует как в почве, так и в организме самих рыб, но токсин она вырабатывает только в бескислородной среде. Ботулизм может представлять опасность, если мертвая рыба оказывается в бассейне в анаэробных условиях. Если на дне бассейна или садка скапливается большое количество мертвых разлагающихся рыб, там могут возникать бескислородные зоны. Бактерия может размножиться в мертвых особях, поедая которых, здоровые рыбы могут заразиться ботулизмом. Рыбы умирают быстро, причем без внешних признаков заболевания. Незадолго до смерти рыбы можно наблюдать, как она делает «свечку» (как бы «болтается» на поверхности воды), что свидетельствует о проблемах с равновесием, или плавает на боку и опускается боком вперед на дно бассейна. Тела умерших рыб необходимо быстро убирать из бассейна.

1.4. Условия выращивания

При выращивании различных возрастных групп радужной форели следует обеспечивать для них оптимальные или близкие к оптимальным условия. По этой причине необходимо знать условия, оптимальные для выращивания, т. е. фактические потребности рыб. Варианты решения возможных проблем при выращивании радужной форели в условиях УЗВ приведены в прил. 1.

Водородный показатель воды (pH). На различных стадиях развития радужная форель переносит неблагоприятный уровень pH по-разному. Оптимальные и приемлемые диапазоны pH в воде для выращивания также различаются. Оптимальный для развивающихся эмбрионов и мальков диапазон pH является узким и колеблется между 6,5 и 8,0; приемлемый диапазон pH также узок. У старших возрастных групп как оптимальный, так и приемлемый диапазон pH шире, что показано на рис. 1.13.



Рис. 1.13. Оптимальные, приемлемые и летальные диапазоны pH на различных стадиях онтогенеза радужной форели

Температура воды. Оптимальные, приемлемые и летальные диапазоны температур воды также меняются в зависимости от стадий онтогенеза рыб, как показано на рис. 1.14.

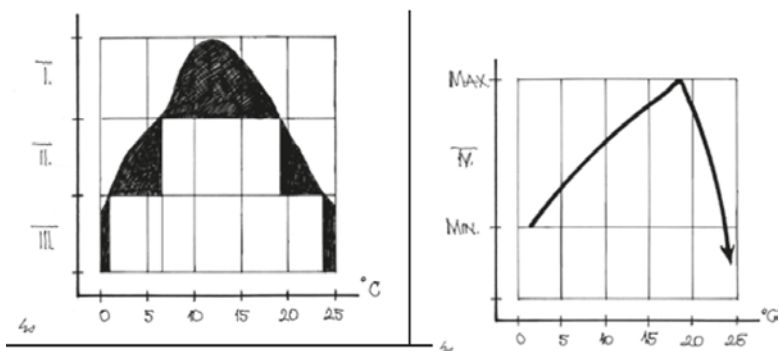


Рис. 1.14. Оптимальные, приемлемые и летальные диапазоны температур воды на различных стадиях онтогенеза радужной форели

Существует диапазон температур воды (около 7–18 °С), при котором аппетит радужной форели является оптимальным (рис. 1.15). Вне этого диапазона, при более низких или высоких температурах, рыба теряет аппетит. Наконец, при слишком низких или слишком высоких температурах воды рыба прекращает кормиться. При повышении температуры воды питание (прием пищи) радужной форели становится более интенсивным. Однако данное поведение продолжается только при температуре приблизительно до 18 °С. Выше этой температуры аппетит рыбы и прием ею пищи резко падают.

Важно понимать, что между интенсивностью питания и эффективностью использования потребленного корма существует обратное соотношение. Таким образом, при температуре приблизительно 18 °С радужная форель готова питаться очень интенсивно, но при данной

температуре переваривание потребляемого корма будет менее полным. Температура воды, обеспечивающая наилучший прирост за счет потребляемого корма, колеблется от 13 до 15 °С. Исходя из этого, оптимальная эффективность использования кормов и максимальный аппетит радужной форели также отмечаются в данном диапазоне температур воды.



I. Оптимальный диапазон аппетита; II. Потеря аппетита; III. Прекращение питания; IV. Интенсивность питания

Рис. 1.15. Температура воды и аппетит радужной форели

Содержание растворенного в воде кислорода. Растворенный в воде кислород (O_2) обеспечивает дыхание различных водных растений и животных. Содержание растворенного кислорода (РК) в воде чаще всего выражается в миллиграммах кислорода на литр воды (мг/л). Максимальное содержание кислорода в воде зависит от актуальной температуры воды. Это объясняется тем, что вода может растворить только определенное количество кислорода, значение которого определяется парциальным давлением кислорода в атмосфере. На рис. 1.16 показано обратное соотношение между температурой и содержанием РК в воде. При более высокой температуре воды содержание РК ниже, и наоборот. При максимальном содержании кислорода вода на 100 % насыщена им и лишний кислород вскоре удаляется в атмосферу. Оптимальные и приемлемые концентрации кислорода в воде меняются в зависимости от актуальной стадии онтогенеза рыб. Оптимальной является ситуация, когда содержание кислорода в воде для выращивания

близко к полному насыщению (100 %). В приемлемом диапазоне содержания кислорода в воде, используемой для выращивания, значения концентрации кислорода более низкие. Во время инкубации икры и на первых стадиях онтогенеза мальков они колеблются между 5–6 мг/л. В старших возрастных группах минимальное приемлемое содержание кислорода в воде может быть около 4–5 мг/л.

Важно знать, что во время и после кормления потребление кислорода рыбами существенно увеличивается. В эти периоды потребность в кислороде временно растет.

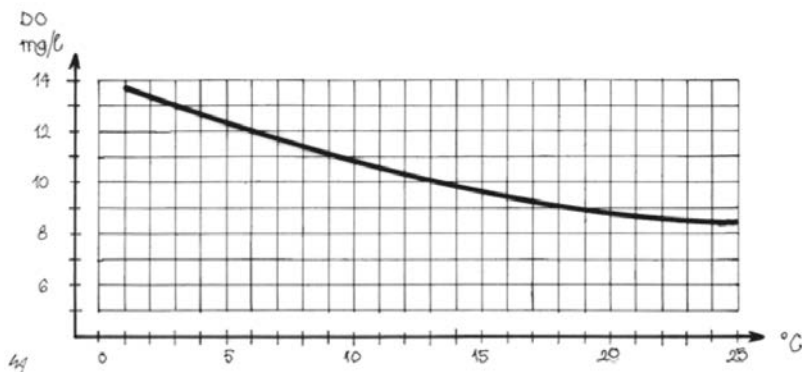


Рис. 1.16. Зависимость максимально возможного насыщения воды кислородом от температуры

Водоснабжение. Для обеспечения смены использованной воды в рыбоводных емкостях необходимо постоянное снабжение свежей, чистой и богатой кислородом водой. Требуемые объемы водоснабжения зависят от возраста и количества развивающихся рыб. Количество икринок, мальков и растущих рыб на единицу площади рыбоводной емкости определяется содержанием кислорода в подаваемой воде. В более холодной воде метаболизм и, соответственно, дыхание замедляется, тогда как в более теплой воде они становятся более интенсивными. Таким образом, фактический объем воды, необходимый для содержания одного и того же количества развивающихся эмбрионов, мальков и рыб, будет различаться. При низких температурах воды объем подаваемой воды может быть меньше, тогда как при более высоких температурах ее должно быть больше.

Водоснабжение в бассейнах. В бассейнах объем необходимого водоснабжения меняется в зависимости от стадии онтогенеза рыб (рис. 1.17).

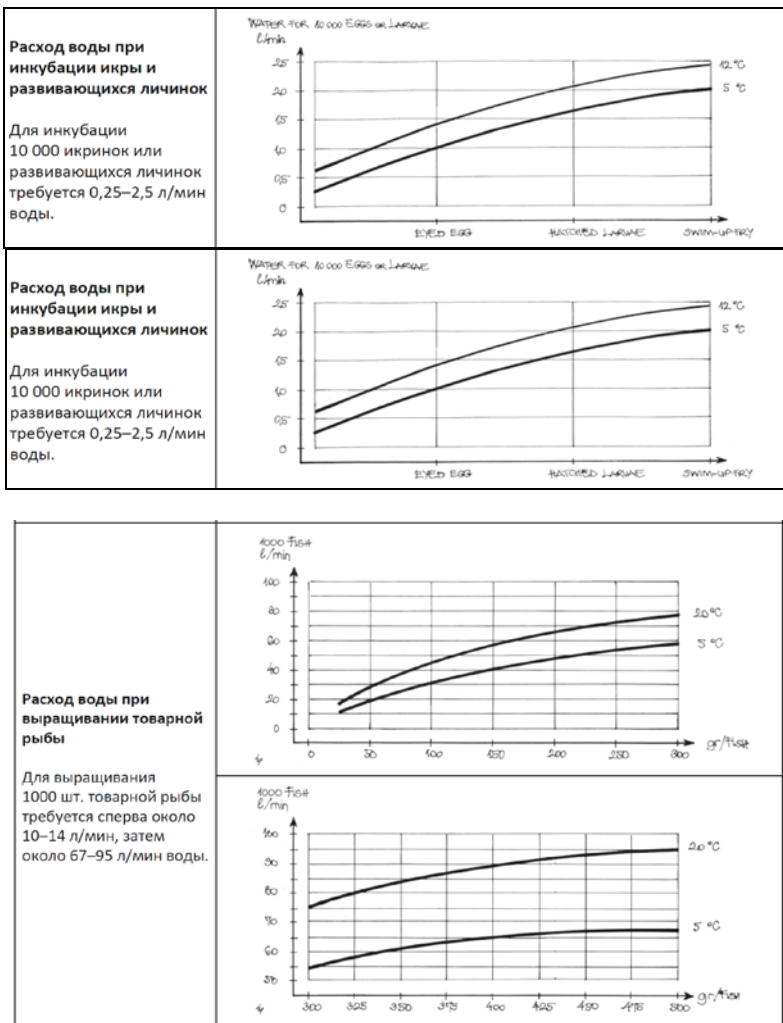


Рис. 1.17. Необходимый расход воды в бассейнах на различных этапах развития радужной форели

Водоснабжение выражается как расход воды, необходимый для 10 000 или 1 000 икринок, мальков или взрослых рыб. Расход воды измеряется либо в литрах в секунду (л/с), либо в литрах в минуту (л/мин).

Другой важной характеристикой подаваемой воды является частота обновления ее. Частота обновления воды выражается как кратность водообмена в час или в сутки. Водообмен в бетонных или отделанных пленкой бассейнах может быть более интенсивным, чем в земляных прудах, поэтому в этих емкостях плотность рыб также может быть выше.

1.5. Качество воды и связанные с ним заболевания

Как гласит народная мудрость: «Здоровье – в воде». В значительной степени это относится также и к рыбам. Чем больше в среде обитания рыбы имеется воды хорошего качества, тем выше вероятность избежать заболеваний. При проектировании системы водоснабжения следует для каждого бассейна и для каждого водоема предусмотреть отдельную подачу чистой, насыщенной кислородом воды. Если вода используется не один раз, болезни легко распространяются по всему предприятию. Водозабор необходимо организовать так, чтобы личинки паразитов не распространялись вместе с водой. При устройстве садкового хозяйства необходимо обеспечить достаточный поток воды. На предприятиях с рециркуляционной системой водообмена заболевания легко распространяются вместе с водой, если нет возможности эффективно удалять из нее опасных одноклеточных. С точки зрения профилактики эпидемий наиболее безопасной является система водоснабжения, запитанная от родника.

Рыба чувствительна к изменениям качества воды. В воде плохого качества рыба может погибнуть или возможно снижение ее иммунитета.

Если начинается гибель большого количества особей разных размеров и видов, причиной практически всегда является качество воды, а не инфекционные заболевания.

В подобных случаях необходимо действовать следующим образом:

- немедленно набрать воду в две бутылки или в два полиэтиленовых рукава, один из них поместить в холодильник, другой – в морозильную камеру;

- измерить уровень рН, кислорода и температуру;
- сразу же обратиться в местный экологический центр и к ветеринару (при необходимости – к дежурному).

Основные факторы качества воды

Содержание кислорода. Лососевым рыбам необходимо большее количество кислорода, чем, например, карповым. Если содержание кислорода в воде составляет около 8 мг/л, то для лососевых рыб этого обычно достаточно. Интенсивность потребления кислорода варьирует в зависимости от количества поглощаемого корма и иной активности рыбы. Степень насыщенности воды кислородом обратно пропорциональна ее температуре и концентрации соли. Лососевые рыбы обычно начинают страдать от недостатка кислорода, если его содержание опускается до уровня ниже 5,5 мг/л. Если насыщенность кислородом воды в инкубационной емкости составляет менее 7 мг/л, то у лососевых рыб ухудшается развитие икры. С другой стороны, по существующим наблюдениям, перенасыщенность воды кислородом необходимо контролировать с помощью оксиметра, особенно в условиях высоких температур и высокой плотности посадки рыбы.

Симптомы. Рыбы, страдающие от дефицита кислорода, перестают есть, плавают возле входной трубы водоема, у них учащается дыхание, и они глотают воздух. Тело рыбы бледнеет. У рыбы, погибшей от недостатка кислорода, рот и жаберные крышки открыты.

Лечение. Рыб, страдающих от недостатка кислорода, необходимо меньше кормить или же кормление стоит и вовсе полностью прекратить. Это позволит замедлить обмен веществ и, как следствие, снизить потребность в кислороде. Необходимо по возможности увеличить подачу воды в емкости, где выращиваются заболевшие особи. Также можно провести оксигенацию или аэрацию входящей воды или всей воды в отдельных водоемах.

Температура. Рыба – холоднокровное животное: температура ее тела и, соответственно, обмен веществ, а также защитные механизмы подстраиваются под температуру воды. Температура тела рыбы оптимальна для роста, усвоения пищи и развития икры. Лососевые рыбы любят прохладную воду – температура около 16 °С является наиболее подходящей для благополучного роста большинства видов. При повышении температуры уменьшается объем растворенного кислорода. У лососевых рыб температура выше 20 °С обычно уже вызывает про-

блемы. Для минимизации потребности в кислороде приходится ограничить или полностью прекратить кормление рыбы. Защитные механизмы рыбы активируются при повышении температуры и замедляются в прохладной воде, например, в зимний период воспаления вылечиваются медленнее. Сильные и внезапные перепады температуры опасны для рыб и могут причинить их здоровью большой вред. Резкое изменение температуры, в особенности в начальной стадии развития икры, может, например, спровоцировать нарушения в формировании позвоночника. Так, по исследованиям норвежских ученых, риск травмирования позвоночника сильно возрастает, если на начальном этапе развития икры лосося температура повысится примерно до 10 °С.

Образующиеся в переохлажденной воде кристаллы льда могут смешиваться с более глубокими слоями воды и проникать в жабры. Кристаллы льда повреждают жабры и могут стать причиной высокой смертности.

pH, или кислотность воды. Кислотность воды обозначается показателем pH. Величина pH, равная 0, означает максимальную кислотность, 14 – максимальную щелочность. Показатель нейтральной среды – 7. Важно, чтобы показатель pH не менялся значительно. Наиболее благоприятные значения pH для лососевых находятся в диапазоне 6,5–8,0. Часто кислотность воды увеличивается, например, после проливных дождей и весной с таянием снега и льда.

В такие периоды может также происходить высвобождение тяжелых металлов (например, алюминия и марганца) в опасных количествах. В небольших водоемах с обильной флорой в летнее время вода может стать для рыб слишком щелочной. Разрастание водорослей также может повлечь за собой существенные колебания уровня pH. Значение pH воды можно контролировать с помощью простых цветочных индикаторов.

Аммиак. Рыба выделяет аммиак, прежде всего, через жабры. Форма проявления аммиака в воде зависит от pH воды. Он может проявляться как в свободном виде (NH_3), так и в ионизированном (NH_4^+). Свободный аммиак чрезвычайно ядовит для рыб. Даже 0,02 мг/л свободного аммиака могут вызвать у мальков проблемы с жабрами, особенно если содержание кислорода в воде низкое. Объем свободного аммиака увеличивается с повышением уровня pH, т. е. в щелочной воде яда содержится больше. Отравление аммиаком особенно опасно: при высокой плотности посадки рыбы; при медленном водообмене; на предприятиях, использующих технологию рециркуляции воды. На предприятиях,

использующих рециркуляцию, содержание аммиака можно сдерживать с помощью биологического фильтра (бактерии-нитрификаторы) или ионного обмена (например, цеолит). Симптомами отравления аммиаком являются потемнение жабр и точечное кровотечение.

Твердые вещества в воде. Многочисленные растворенные твердые вещества, находящиеся в воде, становятся источником проблем для жабр и икры. К таким веществам относятся, например, гумус, водоросли и фекалии. Мелкие частички раздражают и забивают жабры, вызывают сложности с дыханием. Кроме того, частички органического происхождения потребляют при своем распаде кислород. Твердые вещества могут попасть на рыбоводное предприятие, например, после урагана или проливных дождей, а также через лесные и болотные дренажные каналы. Очистить воду можно, например, с помощью песчано-гли или барабанного фильтра.

Яды. Большинство тяжелых металлов в повышенных концентрациях опасны для рыб. К тяжелым металлам относятся, например, железо, медь, свинец и алюминий. После проведения мелиорации болот или после проливных дождей окисленная вода и железо, пребывающие в опасном состоянии, могут попасть на предприятие, где железо, перейдя в форму оксида, оседает на жабры рыб. Это может привести к удушью рыбы. Промышленные сточные воды также могут содержать опасные концентрации тяжелых металлов. Прочими чрезвычайно ядовитыми веществами для рыб являются различные химикаты, в первую очередь хлор, фенолы, средства защиты растений и инсектициды.

Заболевания, связанные с качеством воды

Газопузырьковая болезнь. Причиной газопузырьковой болезни является перенасыщение воды растворенными в ней газами, в основном азотом (N_2). Перенасыщение воды одним кислородом обычно не становится причиной заболевания. Чем моложе рыбы, тем сильнее они реагируют на перенасыщение воды азотом. Основным правилом является то, что общее давление газов не должно превышать 105 %, а предельно допустимое насыщение азотом составляет 110 %.

На рыбоводном предприятии газопузырьковую болезнь могут вызывать, главным образом, следующие факторы:

1. Увеличение температуры воды.

Чем выше температура воды, тем меньше в ней растворяется азота из атмосферы. Если вода нагревается, процент насыщения азотом под-

нимается выше 100 % и азот начинает выделяться в воду в виде пузырей. При нагреве воды с 4 до 8 °С процент насыщения азотом повышается с 100 до 110 %.

2. Попадание воздуха в напорный трубопровод.

С увеличением давления растворимость газов в воде увеличивается. В трубопроводе, идущем от водозаборника к бассейну с рыбами, обычно присутствует избыточное давление. Если воздух попадает в воду, например, из-за течи в верхней части трубы, в воде растворяется больше азота и прочих газов, и возникает эффект перенасыщения.

При попадании воды в бассейн с рыбами давление снижается, а растворившиеся избыточные газы выделяются в воду в виде пузырьков.

3. Резкие колебания атмосферного давления.

Во время длительных периодов высокого давления в воде растворяется больше газов, чем обычно. Если атмосферное давление резко снижается, возникает перенасыщение газами.

4. Родниковая вода.

Родниковая вода, поступающая из-под земли, может быть перенасыщена азотом.

5. Гидроэлектростанция или природный водопад.

Перенасыщение может возникнуть в ситуациях, когда вода обильным потоком устремляется из затвора плотины электростанции или из природного водопада, неся с собой пузырьки воздуха на глубину водоема, где из них в воду выделяется азот.

Симптомы. Когда рыба попадает в воду, в которой азота растворено больше, чем обычно при определенном атмосферном давлении и при определенной температуре, избыточный азот начинает скапливаться в виде пузырьков в тканях рыбы. Симптомы варьируют в зависимости от возраста и вида рыбы. У мальков пузырьки газа образуются в основном под кожей на теле и в желточном мешке. У взрослых рыб пузырьки чаще наблюдаются в глазах, под кожей, в жабрах и в полости рта. Газ также может скапливаться в плавательном пузыре и в брюшной полости. Рыбы, страдающие этим заболеванием, нередко плавают брюхом вверх или «болтаются» на поверхности воды. Данные о смертности от этой болезни сильно разнятся (рис. 1.18).

Лечение. Сначала необходимо проверить наличие избыточных газов в воде. Если при погружении в воду рука сразу же покрывается пузырьками воздуха – вода перенасыщена газами. Общую насыщен-

ность воды газами можно измерить с помощью сатурометра, для этого потребуются также данные об атмосферном давлении:

$$S \% = (P_{atm} + P_{sat}) / P_{atm} \cdot 100,$$

где $S \%$ – общая насыщенность воды газами;

P_{atm} – показания сатурометра;

P_{sat} – атмосферное давление.



Рис. 1.18. Рыба, страдающая газопузырьковой болезнью. На фото видны типичные для этого заболевания пузырьки на плавниках

Газопузырьковую болезнь можно предотвратить, если усилить аэрацию воды перед ее подачей в водоем с рыбами, например, с помощью каскада, брызговики или многослойного перфорированного листа. Чем лучше вода контактирует с воздухом при нормальном давлении перед тем, как попасть в бассейн с рыбами, тем эффективнее будет аэрация. Течи в насосах и в системе клапанов следует устранить. Необходимо обеспечить постоянную достаточную аэрацию подогретой воды.

Вода с повышенной кислотностью. В воде с повышенной кислотностью рыбы ведут себя беспокойно, глотают воздух, а в особенно

сложных случаях стремятся полностью выпрыгнуть из воды. Кислая вода вредит жабрам, вследствие чего возникают обильное выделение слизи, изменения окраски и кровотечения. Особенно болезненно на снижение уровня pH реагируют икра и только что вылупившиеся мальки. В воду с высокой кислотностью можно добавить гашеную известь ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Для более длительного эффекта необходимо обработать обширные площади в зоне водосбора.

Вода с повышенной щелочностью. В воде с повышенной щелочностью рыбы темнеют, а их жабры начинают кровоточить. Жаберные лепестки и края плавников расщепляются, в результате чего от них остается лишь скелет. В принципе повышенную щелочность можно снизить с помощью кислоты, но разумнее всего обратиться в местный экологический центр.

Склероз почек. Склероз почек – это еще одно заболевание, связанное с плохим качеством воды, в особенности с высоким содержанием диоксида углерода. Развитию склероза почек может также способствовать рацион питания.

Симптомы. В почках наблюдаются две извилистые белые полосы – мочеточники, полностью забитые известковой массой (рис. 1.19).



Рис. 1.19. Развитие склероза почек
(светлая окраска и искривленность мочеточников)

Известковые отложения также скапливаются и в остальной почечной ткани, из-за чего в заднем отделе почек образуются твердые белые очаги. Болезнь часто путают с воспалением почек бактериального происхождения, при котором в заднем отделе также констатируются

очаговые изменения. Болезнь ухудшает процесс роста, но смертность от нее обычно невелика. Однако излишний стресс может повысить уровень потерь. Симптомами могут быть выпученные глаза и вздутие брюха, что обусловлено почечной недостаточностью.

Например, в некоторых северных озерах Финляндии, а также в северной части Ботнического залива в мочевых каналах сигов часто встречается трематода *Phyllodistomum* (около 0,5 см), из-за чего мочеточники также имеют вид белых извилистых полос.

Лечение. В качестве лечебного мероприятия рекомендуется улучшить качество воды за счет усиления водотока и уменьшения количества рыбы в водоеме.

«Перевертыш» (Swimbladder stress syndrome). Осенью при понижении температуры ниже 5 °С у быстрорастущих рыб (например, форель, сиг, американская паляя) возникает так называемый «перевертыш». При этом заболевании рыбе становится сложно регулировать объем газа в плавательном пузыре. Точно неизвестно, почему это происходит, но симптомы нередко связаны с избыточным ожирением. Нередко болезнь возникает вследствие того, что протоки между пищеводом и плавательным пузырем сдавливаются и лишний газ не может выйти наружу. Метод лечения не найден, но течение болезни можно облегчить, повысив температуру, что в свою очередь ускорит обмен веществ. На некоторых предприятиях проблема решается путем переноса рыбы в более глубокий водоем.

Своевременное снижение объема питания в осенний период, до наступления нулевых температур, также помогает изменить ситуацию к лучшему, по крайней мере, при выращивании сига.

1.6. Рекомендации по гидрохимическому контролю за параметрами водной среды

Схема проведения гидрохимического контроля в рыбоводных прудах (бассейнах) и водоисточниках.

Характеристика контроля	Периодичность контроля	Определяемые показатели
Оперативный (полевой)	Ежедневно, 2 раза в день, при отклонении показателей от нормы – 3 раза в день: утром, днем и после 16:00	Температура Содержание растворенного O ₂ рН среды Прозрачность

Текущий (лабораторный)	1 раз в 7–10 суток, при отклонении показателей от технологической нормы – 1 раз в 3–5 суток	БПК ₅ Двуокись углерода (СО ₂) Минеральный азот (аммиак, аммонийный, нитритный, нитратный) Фосфаты Железо общее (для питаемых болотными водами)
Полный (общий)	1 раз в месяц	Перманганатная окисляемость. Бихроматная окисляемость (ХПК) Железо общее и закисное Основной солевой состав (гидрокарбонаты, карбонаты, хлориды, сульфаты, кальций, магний) Щелочность Жесткость Минерализация общая

Параметр	Как измерить	Частота измерения
Температура	Термометр	3 раза в день
Кислород	Зонд или аквариумные тесты	3 раза в день
ОВП	Зонд ОВД	3 раза в день
Общий аммоний	Аквариумные тесты	Каждый день
Нитрат	Аквариумные тесты	Каждый день
pH	Зонд или аквариумные тесты	3 раза в день
Щелочность	Аквариумные тесты	Раз в неделю
Жесткость	Аквариумные тесты	Раз в неделю
Хлориды/Соленость	Аквариумные тесты	Раз в неделю
Микроэлементы	Сдавать в лабораторию	Раз в месяц

Рыбоводы проверяют параметры воды согласно расписанию. Кроме того, в их обязанности входит проверка работы узлов УЗВ (проверка толщины биопленки в биофильтре; работы перфорированного бассейна; генератора кислорода; оксигенаторов; флотаторов; насосов; состояния трубопроводов и т. п.), наблюдение за поведением рыб, контроль за поедаемостью корма.

Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП). Окислительно-восстановительные реакции зависят друг от друга. Их называют окислительно-восстановительным потенциалом. В УЗВ, как правило, находятся окисляющие вещества – озон, кислород и восстанавливающие вещества – органические соединения в корме или экскрементах.

В УЗВ не применяется ОВП больше 400 мВ и ниже 200 мВ. Рекомендуемые значения ОВП для УЗВ равны 200–350 мВ. Измерение ОВП дает косвенную концентрацию озона в воде (табл. 1.7). Прямой метод измерения озона – это калометрические тесты или спектрофотометрия.

Таблица 1.7. Окислительно-восстановительный потенциал и возможные причины, объясняющие его значения

Значение	Среда	Причины
–100–0 мВ	Восстановительная среда	Непригодная область для рыб, аэробных бактерий. Оптимальна для анаэробных бактерий
0–150 мВ	Слабокислая среда	Плохо аэрируемая вода, постоянная угроза для жизни животных
150–250 мВ	Окислительная среда, аэриобиозис	Хорошо аэрируемая вода, нормальные условия для жизни в УЗВ
250–350 мВ	Сильно окислительная среда	Очень хорошее снабжение кислородом, незначительное протекание или вообще полное отсутствие процессов восстановления
350–450 мВ	Завышенный ОВП	Экстремально аэрируемая вода и присутствие органической субстанции, достигается интенсивным озонированием
450–600 мВ	Экстремально высокий ОВП	Достигается только посредством добавки сильного окислителя. Для УЗВ этот метод не пригоден. При этом ОВП происходит окисление кожного покрова рыб, производится сильное обеззараживающее действие

1.7. Общие ветеринарно-санитарные правила

Предотвращение распространения болезней рыб. Главными распространителями заболеваний рыб являются сами рыбы, их икра и вода. Другими возможными источниками болезней могут стать свежая или замороженная кормовая рыба, рыбоводный инвентарь и оборудо-

вание, а также люди и животные. Существенным с точки зрения предотвращения заболеваний рыб является функциональный внутренний контроль на предприятии.

- На рыбоводном предприятии должны соблюдаться чистота и порядок.

- Выростные бассейны, прочие рыбоводные сооружения и помещения должны содержаться в чистоте.

- Деятельность предприятия должна быть организована в соответствии с разными этапами производственного цикла, например, раздельное содержание рыб разных возрастов, отдельные инструменты для каждого бассейна, свой инвентарь и оборудование для каждого помещения.

- Внутренние перемещения рыбы и икры должны планироваться и осуществляться с особой тщательностью.

- Внешние перемещения рыбы и икры между рыбоводными хозяйствами должны планироваться и осуществляться с особой тщательностью.

- Должен вестись точный учет всех мероприятий, качества воды, смертности, лечения и пр.

Рыба. Для предотвращения заболеваний чрезвычайно важно постоянно следить за состоянием и поведением рыб, а также за качеством воды. Чем раньше будет распознано заболевание, тем эффективнее будет лечение.

Слишком высокая плотность посадки рыбы усиливает опасность вспышек заболеваний. При чрезмерной скученности особи легко травмируются и испытывают стресс, при этом ухудшается качество воды и ослабевает иммунитет рыб. В местах кожных повреждений в кожу внедряются паразиты, бактерии, вирусы и грибы. Перемещение рыб с места на место на территории предприятия всегда содержит долю риска, и его следует избегать.

Большую опасность в эпидемиологическом отношении представляет пересадка живой рыбы из природных водоемов или с других рыбоводных предприятий. На фермы, занимающиеся выращиванием и содержанием маточного стада, ввоз живой рыбы запрещен: если рыба заражена каким-либо вирусом или бактерией, она, несмотря на прививки и проведенные курсы лечения антибиотиками, может оставаться носителем и переносчиком болезни. Определенные виды паразитарных заболеваний, такие как, например, миксоспоридия или поликистозная болезнь почек, не поддаются лечению с помощью лечебных

ванн, так как паразиты находятся внутри тела рыбы, а не на ее внешнем покрове. Импортлируемых особей на время проведения наблюдений и обследований следует поместить отдельно от других рыб (например, в изолятор). Для обследований в настоящее время можно использовать тест на предрасположенность к болезням по методу *Sentinel*, при котором уничтожать представителей ценных природных пород не требуется.

Для тестирования используются восприимчивые к болезням «замещающие» виды рыб, такие как голец и радужная форель. Этим рыб размещают в помещении для карантина в отдельном резервуаре, устанавливаемом под емкостью с обследуемыми рыбами. К резервуару подводят отработанную воду. «Замещающие» особи подвергаются воздействию отработанной воды в течение 60 суток. Температура воды должна быть ниже 14 °С. По окончании тестирования «замещающие» особи обследуются на предмет наличия заболеваний. За новыми рыбами также следует тщательно наблюдать и брать пробы при малейших признаках аномалий. Больных рыб нельзя выпускать в естественные водоемы или продавать другим рыбоводным предприятиям. Необходимо всемерно пресекать попадание природных рыб на территорию предприятия. Посадки, производимые в верхних бассейнах, играют важную роль с точки зрения предотвращения заболеваний. В целях минимизации риска заболеваний стороны, участвующие в процессе посадки рыбы, должны совместно разработать правила ведения рыбоводной деятельности на предприятиях.

Уничтожение мертвой рыбы. Мертвые или умирающие рыбы являются главными переносчиками заболеваний. Необходимо тщательно планировать мероприятия по отбору и уничтожению мертвых особей. Инвентарь и емкости, используемые для сбора мертвой рыбы, следует мыть и дезинфицировать надлежащим образом. На некоторых предприятиях мертвую рыбу собирают в отдельные емкости, в которые добавляют муравьиную кислоту. Расчленение и измельчение рыбы ускоряет процесс ее разложения. Отходы вывозят на свалку или в некоторых случаях используют в качестве удобрения. Существует и другой способ утилизации – сбор рыбных отходов в контейнеры заглубленного типа Molok с последующим вывозом на свалку. Например, в различных областях Финляндии во многих провинциях вывоз биоотходов на свалку уже запрещен. О надлежащей утилизации рыбных отходов необходимо договариваться с районным ветеринаром и органами местного самоуправления в сфере обращения с отходами.

Икра. С точки зрения безопасности необходимый рыбопосадочный материал рекомендуется ввозить на предприятие в виде икры. В результате тщательной дезинфекции уничтожаются опасные микроорганизмы на поверхности икры, поэтому надежнее всего проводить дезинфекцию всей импортируемой и экспортируемой икры. Возбудители вируса инфекционного панкреонекроза (IPN) и бактериальной почечной болезни (BKD) обитают внутри зерен икры, поэтому дезинфекция в отношении них неэффективна. Для определения состояния икры необходимо обследовать самок. Анализ икры и жидкости яичников позволяет выявить вирусы и бактерии, но обследование внутренних органов самок, например печени, почек и селезенки, дает более достоверные результаты. И хотя отсутствие какого-либо заболевания у самки не дает полной гарантии того, что оно не проявится у потомства, обследование самок является в настоящее время самым надежным методом проверки отсутствия болезней у икры.

По возможности, импортированную икру следует инкубировать, а мальков на начальном этапе развития содержать отдельно от остальных рыб. Новорожденных мальков рекомендуется повторно обследовать на предмет наличия заболеваний.

Вода. Возбудители инфекционных болезней рыб, как правило, сохраняют способность к заражению в воде на протяжении какого-то времени. Предотвратить проникновение болезнетворных организмов вместе с морской водой в прибрежные сетевые садки и на предприятия, работающие на морской воде, невозможно. За ситуацией на рыбоводных предприятиях, использующих морскую воду, необходимо следить особенно тщательно.

Водоемы, откуда берут начало водные системы и на которых расположены важнейшие хозяйства по разведению икры и молодняка, необходимо сохранять свободными от возбудителей серьезных заболеваний. Было бы идеально, если бы на таких водоемах рыбоводных хозяйств не было совсем, или если бы сюда не попадала рыба с предприятий и из водоемов, расположенных ниже по течению. В воде, используемой для транспортировки рыбы, также имеются в себе очевидные риски заражения заболеваниями.

Корм. Самым безопасным кормом является сухой корм заводского производства. Не рекомендуется кормить рыб морской рыбой и их внутренностями. Заморозка не убивает болезнетворные организмы. Например, вирус инфекционного панкреонекроза сохраняет жизнеспособность годами. Бактерии тоже устойчивы к замораживанию, хотя и в

меньшей степени. При изготовлении мягких кормов можно применять рыбу, консервированную с применением кислоты. Исследования подтверждают, что кислотная обработка весьма эффективна в отношении бактерий, но, по крайней мере, вирус IPN сохраняет жизнеспособность на протяжении многих лет. Например, в качестве корма рыбу, добываемую во внутренних водах Финляндии, можно считать относительно чистой, но не лишенной полностью рисков наличия вирусных и бактериальных заболеваний. В Финляндии, самыми безопасными территориями являются истоки водоемов и зоны, особо охраняемые от распространения фурункулеза среди рыб. Чтобы избавиться от паразитов, кормовую рыбу следует на несколько дней поместить в морозильник, но надо учитывать, что микробы и вирусы в результате замораживания не уничтожаются.

Бассейны, инвентарь, инструменты. Болезнетворные организмы могут подолгу жить на поверхностях влажных, грязных, липких бассейнов и на инструментах. При отсутствии тщательной уборки и дезинфекции высока вероятность переноса возбудителей заболеваний посредством инвентаря и инструментов, как по территории предприятия, так и на другие предприятия. Практику передачи инвентаря другим предприятиям необходимо полностью исключить. При контактах предприятий друг с другом обязательна надлежащая дезинфекция. На предприятии для каждого бассейна и водоема должны быть предусмотрены собственные щетки, сачки, саки, и прочие часто используемые приспособления. Общие инструменты необходимо мыть и дезинфицировать при переносе из одного бассейна или водоема в другой. Из загрязненного бассейна могут переноситься возбудители заболеваний на новую партию рыб. Земляные и бетонные бассейны являются с точки зрения защиты от заболеваний проблематичными ввиду сложности их очистки. В придонных отложениях некоторые формы болезнетворных организмов зимуют в состоянии покоя, оставаясь жизнеспособными, а с приходом лета вновь вызывают заболевания. После спуска воды из земляного бассейна следует провести его дезинфекцию, например, негашеной известью. Хороших результатов попеременного использования разных мест для садкового разведения добились, в частности, норвежские рыбоводы.

Для перевозки икры лучше всего подходят одноразовые емкости. Если вследствие недостаточных ресурсов это невозможно, можно использовать транспортировочные емкости из пластика и пенопласта,

которые необходимо мыть и дезинфицировать с особой тщательностью.

Люди. Люди могут переносить на себе возбудителей заболевания в первую очередь на обуви. Посетители не должны прикасаться к воде, рыбам, корму, рабочим инструментам и т. п. На территории водоема следует избегать ненужных передвижений и контакта с водой. Визит посторонних на территорию предприятия должен осуществляться под контролем. Следует оценить, насколько необходимым является знакомство с местами содержания инкубированной икры и мальков.

На входе и выходе помещений, где содержатся икра и мальки, должны быть установлены емкости для дезинфекции обуви. Благодаря прохождению по коврику, пропитанному дезинфицирующим раствором, сокращается количество болезнетворных организмов, но это не гарантирует чистоты обуви. Для визитеров на предприятии следует иметь несколько дополнительных пар резиновых сапог или крепких бахил, надеваемых поверх обуви. Хорошо зарекомендовали себя тканевые моющиеся бахилы с резиновой подошвой *Vicapa-Björnkälder* (Швеция).

Безопаснее всего возить посетителей по территории водоема на машине. При посещении другого предприятия следует позаботиться о том, чтобы работники не стали переносчиками заболевания между предприятиями. Перед визитом одежду и обувь, используемые на рабочем месте, следует полностью сменить.

Животные. Не только рыбы, но и другие животные могут переносить заболевания по территории предприятия. Чайки, вороны и мошки кормятся на территориях рыбоводных хозяйств. На своих клювах, лапах и через фекалии они могут переносить болезнетворные организмы на большие расстояния. Мелкие млекопитающие, такие как дикая норка, выдра, енот и собака, могут переносить заболевания рыб из одного водоема в другой. Полностью уберечься от животных сложно, но снизить риск заражения через животных помогут следующие меры:

- по возможности максимальное количество бассейнов следует установить во внутренних помещениях;
- наружные бассейны следует разместить на небольшой территории неподалеку от зданий, чтобы дикие звери опасались подходить к ним. Вертикальные края бассейнов создают препятствие для проникновения в них животных;
- мертвую рыбу следует убирать из бассейнов как можно скорее;
- система подачи и отвода воды должна быть хорошо защищена;

- следует установить специальные приспособления и сети, затрудняющие доступ птиц к водоемам с рыбами;
- следует огородить территорию предприятия или хотя бы водоемов. При необходимости рекомендуется установить используемые при разведении лошадей и крупного рогатого скота электроизгороди (электропастухи), которые не позволят выдрам проникнуть на территорию.



Рис. 1.20. На одной из форелевых ферм Финляндии используют специальные тележки для сбора мертвой рыбы

Трактовка симптомов болезней. Предпринимателю, занимающемуся разведением рыбы, необходимо научиться определять, как обычно ведет себя каждый конкретный вид и определенная возрастная группа в разных условиях. Этот навык приходит с опытом в результате постоянных наблюдений. Регулярный контроль за поведением рыбы, качеством воды и питанием позволяет уже на раннем этапе обнаружить болезнь и ее возбудителей. Чем быстрее будет начато лечение, тем лучше будет конечный результат.

Важной задачей является ежедневный сбор умершей и умирающей рыбы в водоеме и ее правильная утилизация. Мертвая и гниющая рыба

представляют собой основной распространитель болезней. Смертность при обработке, например, после сортировки или получения икры, может быть признаком слабого здоровья рыбы.

Наблюдение за состоянием рыб. Существенной частью процесса правильного ухода за рыбами является ежедневная проверка каждого садка или бассейна, где содержится рыба. Обход лучше всего проводить с утра. Необходимо осмотреть рыб до того, как они обнаружат ваше присутствие. Внимание следует обратить на обычную для них реакцию бегства. Также необходимо визуально проверить объем поступающей воды, степень загрязненности бассейна и наличие водорослей.

Распределение рыб в бассейне. Обычно рыбы распределяются по рыбоводному бассейну относительно равномерно. Если в летнее время рыбы скапливаются в месте подачи воды, это может свидетельствовать о снижении уровня кислорода в бассейне.

Манера плавания. Если рыбы ведут себя беспокойно, мечутся из стороны в сторону, периодически всплывают брюшком вверх, кружатся на одном месте, трутся друг о друга, глотают воздух и т. п., за ними следует понаблюдать более тщательно. Как показывает опыт, первым признаком заболевания ихтиободозом, или кистиозом (*Ichthyobodo*, или *Costia*), является то, что рыбы всплывают на поверхность так, что их спинки выступают над уровнем воды. Понаблюдайте за реакцией рыб после того, как они заметят ваше присутствие. Обычно рыбы начинают энергично плавать, демонстрируя сильный аппетит. Паническое метание и нервозность, а также апатичная неподвижность говорят о неудовлетворительном состоянии рыб. Форель уже при приближении человека к бассейну обычно плывет навстречу и ожидает начала кормления.

Кормление. Проверять процесс кормления рыбы в каждом садке или бассейне необходимо не реже одного раза в день, лучше всего это делать утром. Аппетит является важнейшим индикатором состояния здоровья, и за ним необходимо внимательно следить. Рыба с плохим аппетитом может, например, взять гранулу корма в рот, но через мгновение выплюнуть его. Правда, причиной этого может быть и неверный размер гранулы. Во время кормления можно также обнаружить признаки болезни: рыбы глотают воздух, они потемнели или их окраска отличается от обычной; рыбы потеряли блеск, у них выпучены глаза или имеется эрозия плавников. При наблюдении следует использовать поляризованные очки.

Проверка отдельных особей. При обнаружении признаков заболевания необходимо обследовать часть рыб более внимательно. Для проверки желательно выбрать живых рыб с симптомами болезни или только что умерших особей.

Внимание стоит обратить на следующие моменты:

- жизнеспособность;
- наличие слизи;
- цвет верхнего покрова;
- эрозия плавников;
- наличие на теле сыпи, белых пятен, язв, нарывов, воспалений в области заднего прохода;
- присутствие крупных паразитов;
- пучеглазие и окраска глаз;
- наличие некроза жабр, кровотечений, серой слизи.

Симптомы, вызываемые одноклеточными паразитами. Симптомы паразитарных заболеваний кожи:

- ухудшение аппетита;
- рыбы ведут себя беспокойно, мечутся из стороны в сторону, периодически всплывают брюшком вверх, трутся друг о друга;
- рыбы держатся на поверхности, возле сливной трубы или у стенок бассейна;
- потемнение верхнего покрова и потеря блеска;
- повышенная слизистость жабр и (или) кожи;
- разрушение плавников.

Симптомы, вызываемые вирусными и бактериальными заболеваниями. Симптомы вирусных и бактериальных заболеваний:

- ухудшение аппетита;
- потемнение верхнего покрова;
- рыбы ведут себя апатично, плавают вяло, собираются у краев водоема или возле сливной трубы;
- кровотечения на кожном покрове, в жабрах и во внутренних органах;
- накопление жидкости в полости тела и, как следствие, – вздутие живота;
- почечная недостаточность, при которой выпучиваются глаза, а в полости тела накапливается жидкость;
- маленькие рыбы могут умирать довольно быстро и без видимых признаков болезни, например, от заражения крови.

Типичными признаками большинства бактериальных заболеваний также являются воспаленные раны, эрозия плавников и кровавые слизистые фекалии. При вирусных заболеваниях могут появляться необычные плавательные движения, например, плавание штопором.

Гигиена и дезинфекция

Ежедневная уборка и мытье перед дезинфекцией. Эффективная борьба с болезнями в рыбном хозяйстве предполагает общую чистоту и порядок. Подвижные предметы следует часто мыть, чтобы грязь не въедалась в их поверхность. Очищение поверхностей осуществляется либо механически с помощью щетки и щелочного моющего средства, либо с помощью мойки высокого давления при температуре воды 60 °С и (или) с помощью щелочного моющего средства. Щелочное моющее средство растворяет белки, эмульгирует и омыляет жиры. Соли, содержащиеся в воде (кальций, магний, железо и марганец), могут образовывать оседающие на поверхностях слаборастворимые соединения, тем самым препятствуя дезинфекции и создавая благоприятную среду для обитания микроорганизмов. Щелочные моющие средства могут удалять слаборастворимые соединения. Фосфатные моющие средства, относящиеся к щелочным, также смягчают воду. Поверхностно-активные вещества снижают поверхностное натяжение и проникают в поры поверхности. Они также способны эмульгировать жиры. Щелочи и поверхностно-активные вещества моющих средств в некоторой мере способствуют сокращению количества возбудителей болезней, воздействуя на жиры и белки поверхностной структуры микроорганизмов. Поддержание хорошей гигиены не требует проведения ежедневной дезинфекции – обязательно необходимо только осуществлять удаления умерших особей, очистку поверхностей и обслуживание инвентаря.

Дезинфекция особенно необходима в следующих ситуациях:

- оборудование и инвентарь перемещаются за пределы хозяйства;
- оборудование и инвентарь поставляются из другого хозяйства;
- оборудование перемещается из одной части хозяйства в другую или из одного бассейна в другой;
- люди перемещаются из одной части хозяйства в другую или между хозяйствами;
- проводится опустошение бассейна или пруда;

- в связи с обнаружением серьезного заболевания. В зависимости от того, какая именно болезнь обнаружена, ветеринарные инстанции выдают отдельные инструкции по санации и дезинфекции хозяйства.

Перед проведением непосредственно самой процедуры дезинфекции объект необходимо вымыть, поскольку загрязнения снижают эффективность многих дезинфицирующих веществ. Просушка вымытого объекта при комнатной температуре уже сама по себе снижает количество бактерий и паразитов. Просушка на солнце еще эффективнее убивает микроорганизмы.

Дезинфекция. Методы дезинфекции бывают: физические (сухое или влажное тепло, облучение ультрафиолетом, озонирование) и химические (различные химические вещества). При выборе вещества и метода следует также обращать особое внимание на их экологичность.

Физические методы.

Тепло. Обработка горячим сухим воздухом сауны или теплового шкафа, когда температура дезинфицируемого объекта превышает 70 °С на протяжении как минимум часа, хорошо подходит для удаления бактерий, вирусов, грибов и паразитов с очищенных сетчатых мешков, обуви, одежды и различных инструментов. Построить небольшую сауну для дезинфекции не трудно. В помещении необходимо предусмотреть каменку и достаточное количество металлических полок и вешалок.

Обработка 100-градусным паром в течение 5 минут – эффективный и щадящий по отношению к инвентарю метод дезинфекции транспортировочных контейнеров, насосов, шлангов и т. п. О возможностях паровой обработки можно узнать на молочных заводах, лесопильных комбинатах и теплоцентралях.

Облучение ультрафиолетом. Ультрафиолетовое излучение с длиной волны 254 нм является эффективным методом дезинфекции воды в рыбном хозяйстве. Ультрафиолет используется для обеззараживания воды, поступающей в садки, и для оборотной воды в хозяйствах, применяющих технологию рециркуляции. Перед проведением облучения ультрафиолетом из воды с помощью фильтрации следует удалить все лишние частицы. При дозе облучения около 5 мДж/см² наиболее распространенные бактерии рыб и вирус ИHN погибают с вероятностью 99,9 %. Вирус IPN погибает при дозе облучения порядка 125 мДж/см².

Озонирование. При озонировании кислород (O₂) преобразуют в озон (O₃) и смешивают с водой. Озон образуется при прохождении

электрического заряда через воздух. Озонирование – хороший, но дорогой метод дезинфекции приточной, сточной и оборотной воды.

При одноминутной процедуре с содержанием озона из расчета 1 мг/л погибают патогенные организмы. При высокой концентрации гумуса дозировку следует многократно увеличивать.

Химические методы. При проведении дезинфекции химическими препаратами следует принимать во внимание следующие факторы:

- загрязнения снижают эффективность большинства веществ. Тщательное мытье и ополаскивание – существенная часть дезинфекции;
- химические вещества чаще всего опасны для человека, рыб и окружающей среды. При проведении дезинфекции обязательно следует изучить инструкцию по технике безопасности и следовать ей;
- при работе с химическими веществами необходимо использовать соответствующее защитное снаряжение (резиновые перчатки, респираторы, защитные очки, непромокаемую одежду) в соответствии с требованиями инструкции по безопасному использованию;
- вещества различаются по уровню своего воздействия на окружающую среду. Следует отдавать предпочтение экологически безопасным веществам;
- для обработки различных объектов требуются разные вещества, дозировки и методы. Например, хлор и щелок вызывают коррозию, йодосодержащие вещества вымывают из бетона алкалоиды, что снижает эффективность дезинфекции;
- дезинфицирующие растворы необходимо регулярно обновлять. Эффективность химического дезинфицирующего вещества снижается по мере использования и хранения. Тепло и солнечный свет ускоряют этот процесс. Через дезинфицирующий раствор, утративший свои обеззараживающие свойства, могут даже начать распространяться болезни.

Для бассейнов, контейнеров и других подобных сооружений лучшим методом дезинфекции – это распыление, для инструментов – погружение на определенное время с последующей промывкой и просушкой в соответствии с реальной необходимостью. Ниже приводится краткий перечень свойств действующих веществ в составе основных дезинфицирующих препаратов. Эффективность дезинфицирующего вещества обозначена звездочками (***, ** или *). Для проведения обработки рыбоводного хозяйства следует использовать, например, одно вещество, отмеченное тремя звездочками, и один продукт на основе аммония, который также может являться моющим средством. Содержание

активного вещества обычно указывается в миллиграммах на литр (промилле).

В качестве примеров было выбрано несколько сходных препаратов, которые уже используются в рыбных хозяйствах. Однако авторы не хотят ограничивать спектр хороших продуктов только перечисленными примерами. Приведено содержание действующего вещества или веществ, и, сравнив показатели, можно найти и другие качественные продукты, доступные на рынке.

*Хлор ***.*

Эффективность. Эффективность соединений хлора основывается на способности активного хлора окислять белки клеток микроорганизмов и содействовать образованию в них ядовитых соединений. Дезинфицирующие вещества, содержащие хлор, способны быстро уничтожать различных возбудителей болезней.

Свойства.

Грязь органического происхождения поглощает активный хлор и тем самым снижает эффективность вещества, поэтому перед дезинфекцией объект обязательно нужно очистить и промыть.

Хлорсодержащие дезинфицирующие вещества (особенно в кислом растворе) вызывают коррозию металлов и некоторых видов пластика, а также осветляют и разрушают ткани.

Соединения хлора вызывают раздражение кожи и органов дыхания, а со временем могут также спровоцировать аллергию.

Хлорсодержащие дезинфицирующие вещества ядовиты для рыб. Перед применением в водоеме активный хлор нейтрализуется тиосульфатами натрия. Обеззараженные бассейны, сети, сачки и тому подобные объекты необходимо тщательно промыть, если вскоре после дезинфекции с ними будут контактировать рыбы.

Хлор испаряется из водного раствора под воздействием тепла, поэтому жидкие соединения хлора нельзя долго хранить, по крайней мере, в открытой посуде.

Перед применением в водоеме активный хлор необходимо нейтрализовать, добавив в раствор тиосульфат натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), который вступит в реакцию с хлором и образует гидросульфат натрия, соляную кислоту, серу и диоксид серы. В растворе кристаллический тиосульфат натрия смешивается с активным хлором в соотношении 2,85:1, т. е. для нейтрализации дозы 200 мг/л массовая доля тиосульфата натрия должна составлять 570 мг/л.

Коммерческие препараты. Гипохлорит натрия (активный хлор 10–13 %) входит в состав, например, следующих продуктов: Kloriitti forte (Farnos teknokemia), P3-Нупochloran SP (Henkel-Ecolab) и Divosan Нуро (DiverseyLever).

Необходимая дозировка. Массовая доля активного хлора в дезинфицирующем растворе должна составлять 200 мг/л, время обработки – 30 минут. При увеличении дозировки время обработки сокращается (например, при дезинфекции обуви). Чтобы получить правильную дозировку (200 мг/л) из, например, Kloriitti forte, P3-Нупochloran SP или Divosan Нуро с 10%-ным содержанием активного хлора, требуется изготовить 0,2%-ный раствор (200 мл/100 л).

Пероксид водорода и суперкислоты ***.

Эффективность. Пероксид водорода и суперкислоты эффективно и быстро убивают возбудителей болезней. Действующее вещество – высвобождаемый активный кислород – уничтожает возбудителей болезней, насыщая собой белки микроорганизмов.

Свойства.

Основные растворы безопасны для окружающей среды и человека. Они распадаются на воду, кислород и уксус.

Концентрат является едким, необходимо использовать защитное снаряжение.

Промывать обеззараженную поверхность не требуется, поскольку дезинфицирующее вещество не дает вредных остатков.

Могут осветлять и разрушать поверхности, вызывать коррозию. Алюминий, хромоникелевая сталь и оцинкованное железо не подвержены коррозии.

Имеют резкий уксусный запах, из-за чего следует ограничивать их использование в помещениях.

Коммерческие препараты. Пероксид водорода (15–30 %), уксусная кислота (до 15 %) и перуксусная кислота (до 5 %) входят в состав, например, следующих продуктов: P3-Oxonia Aktiv (Henkel-Ecolab), Divosan Aktiv (DiverseyLever), Fet 18 Airol (Farnos teknokemia).

Растворимые дезинфицирующие таблетки с перуксусной кислотой, например, Germ-Alert (Kernite), Ballista (Certified Laboratories), Steril Tab (National Chemsearch), можно использовать для обеззараживания инструментов и столов. Перуксусная кислота поставляется на рынок, в том числе, компанией Kemira Oyj под торговым названием Kemrox WT15. Действующие вещества препарата – пероксид водорода 13–15 %, уксусная кислота 21–26 % и перуксусная кислота 10–20 %. Пре-

парат также используется для обеззараживания сточных вод карантинных помещений.

Необходимая дозировка. Получасовая обработка 1–2%-ным раствором препаратов P3-Oxonia Aktiv, Divosan Aktiv, Fet 18 AiroI подходит, например, для дезинфекции одного объекта (1–2 л/100 л). По рекомендации производителя, растворимые таблетки следует использовать из расчета одна таблетка на литр теплой воды. Используя Kemgox WT15 в дозировке 3–4 мг перуксусной кислоты на литр, можно добиться хорошего дезинфицирующего эффекта. Дозировку химического препарата следует увеличить при возрастании количества органического вещества в воде.

Персульфат калия.***

Эффективность. Дезинфицирующие препараты на основе персульфата калия являются эффективными и быстродействующими. Они уничтожают возбудителей болезней, насыщая кислородом белки микроорганизмов.

Свойства.

Биологически разлагаемые, не выделяют вредные отходы в окружающую среду.

Основной раствор не вызывает коррозию и не окрашивает поверхности, но следует избегать его длительного контакта с алюминием, медью, латунью и предметами из стали и железа (с покрытием и без покрытия).

При попадании на кожу порошок может вызывать раздражение.

Основной раствор сохраняет свой эффект до тех пор, пока не утратит красную окраску (не меньше недели).

Коммерческие препараты. Дезинфицирующие препараты Virkon S (Pharmacia & Upjohn) и Hygisept (Farnos teknokemia) содержат более 30 % персульфата калия.

Необходимая дозировка. Используется 1–2%-ный раствор препарата Virkon S ja Hygisept, время воздействия – 30 минут (1–2 л/100 л).

Йодофоры.***

Эффективность. Соединения йода – эффективные дезинфицирующие вещества. Их действие основывается на высокой окисляющей способности свободного йода, благодаря которой разрушается структура микроорганизмов. Йод плохо растворяется в воде, поэтому обычно он используется в смеси с растворителями. Смесь йода с поверхностно-активным веществом называется йодофором.

Свойства. рН дезинфицирующего раствора должен быть ниже 7. Не вызывают коррозию.

Йод ядовит для рыб. Перед применением в водоеме соединения йода необходимо нейтрализовать, добавив тиосульфат натрия.

Активность быстро снижается под воздействием органического вещества. Также на эффективность влияют остатки моющих средств. Коричневый цвет сигнализирует об эффективности вещества.

Йодофоры не подходят для дезинфекции бетонных поверхностей, поскольку они вымывают алкалоиды из бетона.

Йодофоры используются в рыбоводных хозяйствах в основном только для дезинфекции икры.

Для дезинфекции поверхностей обычно следует использовать другие вещества.

Перед применением в водоеме соединения йода необходимо нейтрализовать тиосульфатом натрия, который добавляется в раствор в соотношении 0,78:1. Для нейтрализации массовой доли соединения йода 200 мг/л требуется тиосульфат натрия в объеме 156 мг/л.

Коммерческие препараты. 1%-ный йод входит в состав, например, следующих коммерческих йодофоров: бетадин (местный антисептик, Leiras) и Aktomar K (MG-Trading).

Необходимая дозировка. Массовая доля активного йода в дезинфицирующем растворе должна составлять 100–200 мг/л, время обработки – 30 минут. Чтобы получить правильную дозировку из, например, бетадина и Aktomar K, требуется изготовить 1–2%-ный раствор (1–2 л/100 л).

Спирты ***.

Эффективность. Этанол, изопропанол и н-пропанол сгущают белки и эффективно убивают различные типы возбудителей болезней.

Свойства. При распылении на чистую сухую поверхность время воздействия вещества – это время его испарения.

Спирты также сгущают белки, содержащиеся в грязи. Если спирты распыляются или выливаются на грязную поверхность, грязь въедается еще прочнее.

Спирты подходят для дезинфекции предметов, подверженных коррозии.

При правильном использовании они безопасны для человека и рыб. Промывать обеззараженные поверхности не требуется.

Спирты являются огнеопасными, летучими.

Коммерческие препараты. 70%-ный этанол входит в состав следующих дезинфицирующих препаратов: P3-alcodes (Henkel-Ecolab) и ЕТА 700 (Farmos teknokeemia). IPA 300 (Farmos teknokeemia) содержит 60%-ный изопропанол.

Необходимая дозировка. Денатурированный этанол отпускается в аптеке только по рецепту ветеринарного врача и используется в виде 70%-ного раствора (700 мл/л воды). Коммерческие препараты используются в неразбавленном виде.

Глутаральдегид ***.

Эффективность. Альдегиды – чрезвычайно эффективные дезинфицирующие вещества. Альдегиды вступают в реакцию с белками микроорганизмов.

Свойства.

Глутаральдегид менее летучий и ядовитый, чем формальдегид, но при контакте с органами дыхания и кожей может вызвать аллергический приступ. Следует обеспечить хорошую вентиляцию.

Также хорошо проникает через грязь органического происхождения.

Препарат необходимо смыть с поверхностей до того, как рыбы окажутся в соприкосновении с ней.

Не вызывают коррозию и разрушение материалов.

Раствор биологически разлагаемый.

Коммерческие препараты. 10–15%-ный глутаральдегид содержится, например, в следующих продуктах: Lyso 3025 (Bang & Bonsomer) и Parvocide Plus (Hiven Oy).

Необходимая дозировка. Препараты, содержащие 10–15%-ный глутаральдегид, используются в виде 1%-ного раствора, а время воздействия составляет 1–2 часа (1 л/100 л). Но для более быстрой дезинфекции потребуются 2%-ный раствор (2 л/100 л).

Оксид кальция (СаО) или негашеная известь ***.

Эффективность. Негашеная известь – эффективное дезинфицирующее вещество для земляных прудов.

Следует использовать свежий порошкообразный оксид кальция, т. е. негашеную известь, СаО. Вода вступает с негашеной известью в сильную реакцию, в результате которой образуется едкое щелочное известковое молоко.

Свойства.

Известковое молоко, Са(ОН)₂ (гашеная известь), – едкое вещество, эффективное против паразитов, улиток и т. д.

Препарат применяется сразу после спуска воды, до того как пруд успеет высохнуть. Сухой пруд основательно орошают (до достижения глубины проникновения примерно 5 см). При необходимости перед спуском воды опустошаются илистые ямы пруда.

Перед спуском воды ее рН поднимается до 8 с помощью соляной кислоты. Соляная кислота всегда добавляется в воду, а не наоборот!

Обязательно следует использовать защитное снаряжение.

Необходимая дозировка. Концентрация распределяемой извести для дезинфекции поверхностей составляет примерно $0,5 \text{ кг/м}^2$. Если необходимо проникновение на глубину 3–5 см, потребуется концентрация 1 кг/м^2 . Дезинфицируемый бассейн необходимо просушивать в течение примерно одного месяца.

Гидроксид натрия (NaOH), или содовый щелок ***.

Эффективность. Гидроксид натрия – высокощелочное высокоэффективное дезинфицирующее вещество. Проникающая способность увеличивается при добавлении 0,1 % моющего средства Теерол (Berger Оу, сервисные станции).

Свойства.

Сохраняет свои дезинфицирующие свойства в присутствии частиц земли и органических материалов.

Гидроксид натрия используется в основном для дезинфекции земляных бассейнов, но может использоваться и для твердых поверхностей.

Разъедает металлы.

рН дезинфицирующего раствора должен быть стабильно выше 11.

Разъедает кожу, следует использовать защитное снаряжение из резины!

При удалении гидроксид натрия и гашеную известь нейтрализуют соляной кислотой, чтобы рН сточной воды опустился ниже уровня 8.

Необходимая дозировка. 1 % NaOH + 0,1 % Теерол, т. е. 1 кг гидроксида натрия и 100 мл Теерол на 100 л воды. Для земляных бассейнов используется концентрация $2\text{--}3 \text{ л/м}^2$, для твердых поверхностей – 1 л/10 м^2 . При проведении дезинфекции в течение 2 суток в бассейне необходимо поддерживать влажность, а затем оставить бассейн на просушку на месяц.

Более высокой эффективности можно добиться, распределив гашеную известь ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) по дну бассейна в концентрации 1 кг/м^2 , перед добавлением раствора гидроксида натрия и Теерол. Время обработки твердых поверхностей также составляет 2 суток.

Четвертичные соединения аммония *(*)

Эффективность. Соединения аммония снижают поверхностное натяжение клеток, прикрепляются к стенкам клетки и уничтожают ее, меняя ее проницаемость. Наиболее эффективны в отношении грамположительных кокков и вирусов, поглощающих жиры, например, VHS и IHN, но также уничтожают грамотрицательные бактерии, к которым относится большинство бактерий, опасных для рыб. На вирус IPN соединения аммония не оказывают воздействия. Четвертичные соединения аммония подходят для дезинфекции в хозяйствах с хорошей инфекционной обстановкой.

Свойства.

Основные растворы не имеют запаха, безопасны в использовании для большинства материалов, концентрат едкий.

Грязь органического происхождения, мыло и большинство моющих средств значительно снижают эффективность.

Существует множество коммерческих препаратов, но адекватно сравнить их между собой практически невозможно из-за имеющихся различий: разной дозировки соединений аммония, наличия или отсутствия в составе поверхностно-активных веществ, присутствия других соединений, например глутаральдегида, разницы в цене.

В коммерческих препаратах чаще всего присутствует моющее вещество, чтобы очистку и дезинфекцию можно было проводить одновременно, используя одно средство.

Коммерческие препараты. Примеры коммерческих препаратов: P3 Торах 91 и 99 (Henkel-Ecolab), Ipasept (Farnos teknokemia), Germa-Cert Plus (Certified Laboratories), Everbrite extra (National Chemsearch).

Необходимая дозировка. Для большинства продуктов необходимая дозировка составляет 0,5–1 % при комнатной температуре и 2–3 % – при низкой температуре. Время воздействия – 30–60 минут.

Примерный перечень мероприятий по коррекции иммунофизиологического состояния и повышению выживаемости молоди форели приведен в прил. 2.

Примечание. Более подробно с темой ветеринарно-санитарных правил настоятельно рекомендуется ознакомиться в пособии «Здоровая рыба» – Хельсинки 2013 по следующей ссылке: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/537337/Terve%20kala.rus.pdf?sequence=1>.

1.8. Основные экономические расчеты инвестиций и производства продукции

Экономические расчеты инвестиций производятся как перед началом (на этапе планирования), так и после завершения создания новой форелеводческой установки или хозяйства. Как правило, следующие расчеты для оценки инвестиций должны быть проведены на этапе планирования:

- общая стоимость инвестиций: рассчитывается из стоимости элементов. В анализах следует учитывать как общую стоимость, так и соотношение различных элементов инвестиции;
- внутренняя норма доходности (ВНД): является финансовым или экономическим показателем чистой пользы, ожидаемой от проекта или предприятия. Выражается в процентах. В финансовом анализе ВНД должна сравниваться с преобладающей на рынке процентной ставкой;
- чистый дисконтированный доход (ЧДД): стоимость предприятия в текущий момент, после дисконтирования затрат и выгод. Данное значение рассчитывается на десятилетний период на основании применимой процентной ставки банка на текущий момент;
- срок окупаемости: данный показатель показывает время (в годах), необходимое для того, чтобы затраты на данную инвестицию окупались.

Экономические расчеты производства продукции проводятся для того, чтобы получить точную информацию об экономических результатах выращивания рыбы. Себестоимость продукции рассчитывается как до (на этапе планирования), так и после ее производства.

Расчеты включают в себя следующие показатели:

- общая себестоимость продукции – включает в себя стоимость широкого спектра различных элементов. В анализах следует учитывать как стоимость, так и соотношение различных элементов производства;
- цена за единицу товара – рассчитывается в целях определения рентабельности продукции. При планировании следует рассчитать как безубыточную, так и ожидаемую цену за единицу товара;
- валовой доход – выражает общую стоимость продукции, реализуемой на рынке;
- прибыль – является финансовой выгодой от продукции. Различают валовую и чистую прибыль. Налоги платятся с валовой прибыли. Соответственно, чистая прибыль – это сумма, остающаяся после уплаты налогов.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В ПОЛЬШЕ

2.1. Планирование строительства форелевого хозяйства

Проект прудового хозяйства должен быть тщательно продуман с технической стороны и гарантировать самые лучшие условия для рыбоводства. Первым этапом является выбор площадки под строительство. Необходимо предусмотреть соответствующее количество качественной воды, обеспечив рациональное ее использование и дальнейшую очистку.

Показатели качества воды. Самым лучшим показателем качества воды будет наличие в ней:

- ручьевой форели;
- гольяна;
- хариуса или рака.

Вода, пригодная для рыбоводства, должна соответствовать следующим показателям:

- насыщение кислородом – выше 80 %;
- рН 6,5–8,2 (7,5 – оптимально);
- БПК₅ – не более 4 мг/л;
- окисление – до 15 мг/л.

Вода, пригодная для форелеводства, должна иметь нижеприведенные характеристики:

- содержание железа – до 0,5 мг/л;
- содержание аммиака – до 0,2 мг/л;
- содержание двуоксида углерода – до 5 мг/л.

Температура воды. Оптимальная температура воды для радужной форели составляет 14–18 °С. Даже кратковременное повышение температуры выше 25 °С неприемлемо для форелеводства (при температуре воды выше 22 °С значительно ограничивается возможность выращивания форели).

Количество воды. Следующим фактором, который определяет продуктивные возможности проектируемого хозяйства, является количество воды. Установление минимального количества воды вместе с оценкой ее качества и температуры делает возможным определение размера площади прудов для выращивания форели. Для выращивания одной тонны товарной рыбы в «критическом» периоде высоких темпе-

ратур, т. е. в июле – сентябре, необходимо обеспечить от 5 до 15 л/с воды при максимальных температурах 15 и 22 °С.

Содержание кислорода.

Расчет кислородного баланса. Принимается, что форель использует только 40 % кислорода из воды. Принимается, что при температуре 20 °С потребление кислорода составляет:

для товарной форели – 0,06 мг O₂/кг рыбы в секунду;

для малька – 0,1 мг O₂/кг рыбы в секунду;

для производителей и ремонтного стада – 0,04 мг O₂/кг рыбы в секунду.

Расчет массы рыбы, выращиваемой при определенном расходе воды.

$$G = Q \cdot O_2 / Z,$$

где G – масса рыб;

Q – расход воды, л/с;

O_2 – доступное содержание кислорода, мг O₂/л;

Z – потребление кислорода, мг O₂/кг рыбы в секунду.

При значительной разнице уровня воды в прудах на входе и сливе появляется возможность двух- и даже трехкратного ее использования. Так, по имеющемуся опыту, при каскаде воды по сниженному до 60 % содержанию кислорода (на сливе из пруда) на каждые 20 см перепада можно получить увеличение содержания кислорода приблизительно на 1 мг/л. Когда нет возможности использовать достаточную разницу уровней в прудах, для интенсификации производства следует использовать различного типа аэраторы.

2.2. Выращивание радужной форели

Нерест форели.

Радужная форель созревает в возрасте 2 лет (самец) и 3 лет (самка).

Плодовитость форели – 1200–1500 шт. икры/кг массы тела самки.

Сейчас можно получить икру форели с сентября по май, а импортировать икру – круглый год.

Готовность самки к нересту проверяют каждые 7 дней.

Взятие икры.

Рыбу усыпляют, вытирают и перекладывают в пустую миску, хо-рошую икру сливают в общую миску.

Икру 10–15 самок оплодотворяют молоками 10–15 самцов.

Перемешивают, поливают водой, оставляют на 5–10 минут.

Инкубация икры.

После взятия икры помещают ее в емкости аппарата – икра должна получать воды в количестве 24 л/мин на 100 тыс. икринок вначале, затем – до 50 л/мин.

Температура воды – 4–10 °С.

Время инкубации – 340 градусо-дней.

Во время инкубации выбирают мертвые икринки.

Когда появляются личинки, их переводят в лотки и начинают кормить.

Вначале плотность посадки рыбы должна быть около 10 тыс. шт. на 1 м² лотка, расход воды устанавливается в пределах 10–40 л/мин (табл. 2.1).

Выращивание личинок.

Температура должна быть выше 3 °С.

Личинку кормят 8–12 раз в день и постепенно уменьшают частоту кормления.

Бассейны для выращивания личинок нужно чистить ежедневно.

Во время роста рыб следует проводить сортировку.

Таблица 2.1. Расход воды (в литрах), необходимый для 1 кг форели в зависимости от температуры и частоты водообмена

Температура воды, °С	Вода в литрах									
	Частота обмена в минутах					Частота обмена в минутах				
	60	30	15	10	5	60	30	15	10	5
	Масса 3–40 г					Масса выше 40 г				
7	44	22	11	7	3,7	20	11	5,5	4	1,8
10	72	36	18	12	5	36	18	9	6	3
12	90	45	22,5	15	7,5	46	23	11,5	7,5	3,8
14	120	60	30	20	10	60	30	15	10	5
15	134	67	33	22	11	66	33	16,5	11	5,5
16	152	76	38	25	13	78	39	19	13	6,5
18	180	90	45	30	15	90	45	22	15	7
20	228	114	57	38	19	114	57	28	19	9
22	284	142	71	47	24	144	72	36	24	12
24	360	180	90	60	30	180	90	45	30	15

Дневная доза корма зависит:

- от массы рыб;
- температуры;
- размера рыбы;
- калорийности корма.

Зная названные выше параметры, необходимо воспользоваться кормовой таблицей, из которой можно получить дозу корма (в % от массы).

Основная цель кормления состоит в том, чтобы найти «золотую середину» между количеством корма, который гарантирует рост, и кормовым коэффициентом (кг корма / кг прироста массы рыбы) (рис. 2.1). Чем ниже этот коэффициент, тем более качественный корм. Это важно потому, что корма составляют более 50 % расходов при выращивании продукции.



Рис. 2.1. График, показывающий принцип нахождения оптимального соотношения между суточным приростом массы и кормовым коэффициентом

Выращивание молоди.

Молодь – это рыба со средней массой от 0,5 до 80 г.

Плотность посадки – от 10–40 кг/м³. Чем больше рыбы, тем выше требования к проточности и качеству воды.

Вначале молодь следует кормить 6 раз, потом 3 раза в день.

Товарное рыбоводство.

От малька до массы 350–1000 г и более.

Плотность посадки – до 90 кг/м³.

Кормление – 3 раза в день.

Периодически следует сортировать рыбу; минимум за сутки до сортировки рыбу нельзя кормить.

Профилактика.

Каждый день следует наблюдать за состоянием рыб, прежде всего во время кормления. Плохой аппетит – сигнал для рыбовода о необходимости вмешательства в технологический процесс. Когда невозможно определить причины болезни – необходимо вмешательство компетентного ветеринара.

Перевозка икры и рыбы.

Оплодотворенную икру перевозят в контейнерах с водой, однако не позднее чем в течение 10 часов после оплодотворения. Икру на стадии глазка перевозят без воды в изотермических контейнерах.

Личинки и мальки – в мешках с кислородом.

Большое количество мальков, товарную рыбу – в контейнерах с кислородом (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Потребность воды и кислорода при перевозке личинки и малька в мешках (время перевозки до 12 часов)

Посадочный материал		Температуры воды, °С	Количество в литрах	
Категория	Количество / масса		Вода	Кислород
Личинка	1000 шт.	1–5	2	3
		Выше 5–10	4	6
Малек	1 кг	1–5	12	18
		Выше 5–10	16	25
		Выше 5–10	20	35

Подготовка к сбыту.

Перед реализацией, убоем или транспортировкой пищевод рыбы должен быть пустым. Для этого следует прекратить кормление за 3 дня с переводом рыбы в чистый бассейн или пруд с водообменом не менее 15 минут.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В ДАНИИ

Радужная форель (*Onchorhynchus mykiss*) является основным объектом аквакультуры в Дании. Общий годовой объем выращивания радужной форели составляет около 31 тыс. т в пресной воде и около 9 тыс. т в морской воде, что соответствует примерно 20 % от датского рыбного промысла. Кроме того, Данией экспортируется около 300 млн. шт. оплодотворенной икры.

Деятельность форелевых хозяйств в Дании регулируется в соответствии с Постановлением закона о рыбоводных фермах (Dambrugsbekendtgørelsen, 1989) и экологическими правилами (Environmental Protection Act, Chapter 5) для каждой фермы. Стратегия датского правительства относительно аквакультуры направлена на повышение общего объема производства рыбы до 115 тыс. т и одновременно на сокращение совокупных сбросов азота из хозяйств аквакультуры в окружающую среду на 40 % на 1 кг рыбы (Ministeriet for Fodevarer, Landbrug and Fiskeri, 2006).

Производство радужной форели в Дании в пресной воде в настоящее время осуществляется примерно в 275 хозяйствах. Ряд этих хозяйств по-прежнему работает по принципу традиционных проточных систем с наполнением воды самотеком через плотину и с минимальными затратами электроэнергии. Тем не менее все большее число ферм в настоящее время модернизировано в более технологичные системы, которые используют рециркуляционную технологию в той или иной степени. Соответственно, в Дании значительный объем выращивания форели в пресной воде осуществляется с помощью рециркуляционных технологий (приблизительно 50 %, Plesner, 2010).

Движущими силами текущих изменений в стратегии производства радужной форели в Дании являются строгое экологическое законодательство и реализация Рамочной директивы ЕС по воде (EU Water Framework Directive), которая устанавливает стандарты качества воды. В Дании эта директива реализуется через Закон об экологических задачах 2003 г. (Environmental Target Act of 2003). Кроме того, с пересмотром Закона о водоснабжении (Water Supply Law) в 1995 г. были введены лимиты для водозабора из естественных источников.

Экологические условия, которые должны быть выполнены для разведения рыбы включают в себя набор требований, например, максимально допустимое годовое потребление кормов; разрешенное по-

ребление воды (из реки или подземных вод); допустимая статистическая концентрация для питательных веществ, органических и взвешенных веществ на выходе из рыбоводного хозяйства; насыщение воды кислородом на выходе и лимиты расхода антибиотиков и химических добавок. Если фермер хочет получить разрешение на выращивание рыбы с более высоким допустимым потреблением корма, это возможно при условии, что в дальнейшем сбросы в окружающую среду останутся на прежнем уровне или уменьшатся. Кроме того, будет снижено максимально допустимое потребление воды. Законодательство и рыночные условия подтолкнули многих фермеров к улучшению их систем очистки воды и повторному использованию воды с помощью более современных технологий.

Как следствие этого, многие традиционные фермерские хозяйства были модернизированы в рыбоводные фермы, использующие рециркуляционные технологии с более низким потреблением воды на 1 кг произведенной рыбы, а также со сниженным воздействием на окружающую среду. Кроме того, в настоящее время разрабатываются аквакультурные системы с полной рециркуляцией (FREA).

Далее будет описан производственный цикл радужной форели, а также существующие датские производственные системы и применяемые стратегии управления.

3.1. Жизненный цикл радужной форели

Маточное стадо и размножение.

В датских форелевых хозяйствах рыба достигает половой зрелости в 3 года. Однако самцы часто являются зрелыми на втором году жизни. Возраст половой зрелости определяется генетической наследственностью, а также технологией выращивания (например, стратегией кормления, температурой, световыми режимами). Это означает, что рыбы, которые выращиваются в условиях выше среднего светового режима, температуры и уровня кормления, могут стать половозрелыми раньше, чем предполагает генетика.

Поскольку температура воды оказывает значительное влияние на возраст созревания, имеет смысл указывать возраст радужной форели в градусах-днях, как это делается для икры во время инкубации. Тем не менее продолжительность дня является еще более важным фактором, влияющим на сроки полового созревания. Время созревания может контролироваться воздействием на маточное стадо путем изменения

световых и температурных режимов, создания для маточного стада более длинных светодых дней с января по июнь (18 часов света, 6 часов темноты) с возрастанием температуры с 7 до 15 °С, а в последующие 6 месяцев более коротких и более холодных дней (например, 6 часов света и 18 часов темноты) и с обратным понижением температуры. Таким образом, можно ускорить время созревания на 3–4 месяца. Время созревания может быть увеличено, при использовании противоположного порядка.

С точки зрения производства рыба с задержанным созреванием предпочтительнее, так как зрелые рыбы проявляют агрессивное поведение (особенно самцы), снижается темп роста, а также снижается качество мяса. Тем не менее перспективы разведения рыбы с ранним созреванием могут сократить интервал между поколениями и тем самым способствовать прогрессу в аквакультуре.

Систематическое воспроизводство может значительно повысить рентабельность производства. Например, норвежская программа разведения лососевых дала результат повышения рентабельности не менее чем на 10 % за поколение рыбы (Gjedrem, 2000, 2004). Воспроизводство является своего рода совершенствованием товара. Самые лучшие рыбы в связи с целями совершенствования товара (т. е. воспроизводство с целью улучшения определенной наследуемой черты (например, роста) в следующем поколении) выбираются в качестве рыбы-производителя для следующего поколения. Полученные доходы от воспроизводства за одно поколение будут увеличены для следующего поколения (т. е. сложные проценты). Тем не менее наблюдаемый прирост воспроизводства возможен как из-за генетики, так и из-за условий окружающей среды. Таким образом, работы по селекции направлены на наследуемые факторы, в то время как воздействия на окружающую среду сведено к минимуму (т. е. поддерживаются стабильные условия ведения хозяйства). Важно помнить, что селекция имеет долгосрочные перспективы: прежде чем достигаются значительные результаты усилий по селекции, может пройти до 10 лет.

Некоторые датские фермеры, производящие икру и рыбопосадочный материал, используют конкретные схемы по селекции, направленные на достижение конкретных целей размножения. Чтобы пометить выбранных особей маточного стада, характеризующихся специфическими чертами, отдельным рыбам вводят РИТ-метки. В частности, в спинную часть рыбы, ближе к спинному плавнику, с помощью шприца с иглой для подкожных инъекций и поршня вводится инкапсулирован-

ный чип (11,5 мм в длину с диаметром 2,2 мм), содержащий уникальный идентификационный номер. Номер считывается сканером, который испускает магнитное поле, активируя PIT-метку (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Введение PIT-метки в тело рыбы (слева); PIT-метка в правом нижнем углу (в центре) и сканер (справа)

Инкубационный цех.

Инкубационным модулем может быть проточная система, но все большее число фермеров используют рециркуляционные технологии различной конструкции. Такие модули оснащены рядами инкубационных аппаратов, каждый с несколькими лотками для размещения икры. Температура воды в период инкубации поддерживается постоянной – около 7 °С. Для предотвращения попадания инфекционных агентов вода может быть обеззаражена с помощью УФ-облучения.

Получение икры и оплодотворение.

В хозяйствах с использованием схемы разведения каждое маточное стадо можно определить по PIT-меткам, содержащим уникальный электронный идентификационный номер. За созреванием икры и спермы в рыбе начинают наблюдать за несколько недель до сбора половых продуктов.

Контроль за состоянием половых продуктов осуществляют за несколько недель до предполагаемого сбора. Решающее значение для успеха оплодотворения и селекции имеет своевременный отбор половых продуктов. Маточное стадо рыб прекращают кормить по крайней мере за 14 дней до сбора половых продуктов. Зрелая самка имеет стальной цвет с характерной формой брюха и выраженным яйцеводом (рис. 3.2).

Прежде чем извлекать икру, очень важно, чтобы все оборудование

(инкубационные аппараты, трубы, ведра, сачки и т. д.) было продезинфицировано Йодофором, дезсредством Астомар К30 или аналогичным дезинфицирующим средством. Инкубационные аппараты также должны быть продезинфицированы формальдегидом (500 частей на миллион) в течение приблизительно 1 дня, с последующим добавлением препарата Iodbac (0,1 %) в течение 1 часа. Такая дезинфекция должна осуществляться в условиях хорошей вентиляции.



Рис. 3.2. Половозрелые самка (слева) и самец (справа)

Каждая самка анестезируется и вытирается. Когда используется схема селекции, делается запись о каждой рыбе (т. е. записываются идентификационный номер РИТ-метки, масса и длина). Процедура сбора выглядит следующим образом. Рыба удерживается за основание хвоста левой рукой. Рыба укладывается под углом около 45° , головой вверх и отверстием яйцевода в непосредственной близости от сборной емкости (контейнера для икры), при этом необходимо избегать попадания воды, слизи или кишечного содержимого в контейнер для икры. Икра извлекается из самки сильным нажатием большого пальца правой руки вдоль брюшка, остальные пальцы охватывают рыбу. Икра выходит из отверстия яйцевода и попадает в емкость.

Исследования показали, что так называемый частично-факторный план спаривания способствует лучшим результатам в плане снижения

инбридинга, заболеваний и т. д. (Henryon et al., 2002). Такая система означает, что сперма от одного самца используется для оплодотворения половины икры от каждой из двух самок, тем самым каждая самка оплодотворяется от двух самцов (рис. 3.3). Каждая оплодотворенная половина икры от определенной особи относится к одному родству, в то время как все выклюнувшиеся личинки имеют одних мать и отца. Вторая половина оплодотворенной икры представляет собой отдельное семейство со своим родством. Тем не менее эти две семьи являются полуродственными, так как они имеют одну и ту же мать, но два разных отца, и наоборот.

Эта методика используется все большим числом производителей икры и мальков, и это позволяет исследователям наблюдать существенные различия в производительности между семьями радужной форели (Jokumsen et al., 2006) и делать соответствующий выбор семей для дальнейшего размножения. Остальные фермеры используют традиционный метод оплодотворения: икра от нескольких самок оплодотворяется спермой от нескольких самцов.

Когда применяется методика частичного факториала, икра от каждой самки делится на два ведра (рис. 3.3, *а*). Подсчитывается число икринок в 10 мл. Каждая часть икры помечается идентификационным номером PIT-метки самки. До оплодотворения икра хранится в прохладной среде (4–6 °С). Принято считать, что самка производит около 1500–2000 икринок/кг и около 10 000 икринок/л, в зависимости от размера рыбы и ее возраста. Подобная процедура применяется для получения молок (спермы) от самцов. Молоки разделяют на две емкости, помечают идентификационным номером PIT-метки.

Икра оплодотворяется «сухим» методом: в соответствии с методикой спаривания две части икры от самки оплодотворяются по половине молоками от каждого из двух самцов. Икру смешивают с молоками (рис. 3.3, *б*). Оплодотворение начинается, как только молоки попадают в икру и сперматозоиды активируются и проникают в икринки. Смесь оставляют в течение как минимум 10 минут при температуре около 7 °С для завершения оплодотворения.

Оплодотворенная икра тщательно промывается (предпочтительно в физиологическом растворе (0,9 % соли)), чтобы удалить излишки молок, оболочки икры и другие органические материалы, во избежание появления сапролегниоза во время инкубации. Икру накрывают и оставляют в слабопроточной пресной воде на 1,5 часа (при температуре 7 °С), и она поглощает воду. В период поглощения воды объем ик-

ры увеличивается примерно на 40 %. Икра остается очень чувствительной к движению (воздействиям) во время этого процесса. Через несколько часов икра может быть продезинфицирована.

Различные партии оплодотворенных яйцеклеток (семьи) размещают в разные лотки для маркировки, каждый лоток помечают определенным идентификатором семьи. Икру инкубируют при температуре 4–9 °С с оптимумом около 7 °С. Решающее значение имеет обеспечение обильного потока воды через слой икры. Икра очень чувствительна к свету и должна быть защищена от прямых солнечных лучей. Предпочтительнее, если икра получает настолько мало света, насколько это возможно (т. е. во время чистки и других операций остается покрытой или используются полосы света № 82).

Икра ежедневно контролируется, и лотки приподнимают очень аккуратно (на 2–3 см), чтобы создать небольшое движение вокруг икры. Мертвые икринки удаляются с помощью сифона. Чтобы предотвратить поражение грибами (например, *Saprolegnia*), икру следует обрабатывать фунгицидом (формальдегид или аналоги) на регулярной основе (по дням).

	Fam.	6301	5001	0201	0901
Fam.	Female/male 714		320		
2601	1069	x	x		
2401	458		x	x	
2801				x	x

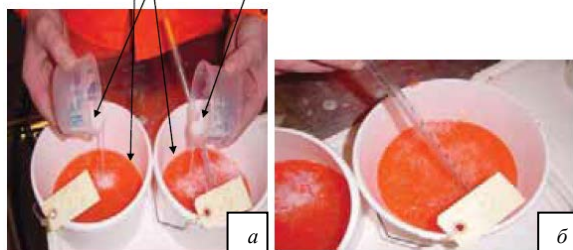


Рис. 3.3. Частично-факторная методика спаривания: а – 2 порции икры от выбранной самки (№ 1069 от семьи 2601) оплодотворяются молоками от 2 самцов (№ 714 от семьи 6301 и 320 от семьи 5001 соответственно); б – икру и молоки смешивают (сухое оплодотворение)

Развитие икры и выклев.

Икра радужной форели достигает стадии глазка после 180–200 градусо-дней (т. е. 26–29 дней после оплодотворения при температуре 7 °С) (рис. 3.4). На данном этапе икра жизнестойка и может перемешиваться в контейнерах для удаления мертвой икры и др. Оборудование инкубационного модуля очищается, дезинфицируется и тщательно промывается перед тем, как очищенная икра переносится назад в лотки. Икру обрабатывают агентом Actomar K30 в соответствии с требованиями, мертвые икринки удаляются.



Рис. 3.4. Икра на стадии глазка в лотке и на счетной пластине (слева) и работы на конвейерной ленте для удаления мертвой икры (справа)

Икра созревает примерно через 300–350 градусо-дней (т. е. около 45 дней после оплодотворения при температуре 7 °С). В первые дни после вылупления, мальки питаются содержимым желточного мешка. Когда примерно через 120 градусо-дней после вылупления (около 14–20 дней при температуре 7 °С) желток полностью расходуется и рот личинок полностью развит, у личинок полностью развивается плавательный пузырь и они начинают переходить на внешнее питание. Личинки развивают навыки плавания на поверхности воды, где они ищут пищу. В это время их начинают подкармливать очень мелким сухим кормом (порошком). На этой стадии личинок можно переместить в модуль для выращивания мальков, и может быть определен результат выклева (т. е. процент выживаемости (рассчитывается как количество плавающих личинок к количеству икры на стадии глазка)).

Мальки.

Мальковая установка может быть представлена проточной системой с определенным количеством каналов, как резервуары для рыбы.

Водоснабжение может осуществляться из естественного источника или источника, сходного с ним. Тем не менее вода, подаваемая из артезианских скважин, является предпочтительней из-за более низкого риска патогенных организмов, постоянной температуры и более стабильного качества воды. Некоторые производители используют для мальков рециркуляционную технологию для повышения эффективности производства. Преимущества использования рециркуляционной технологии включают возможность задания более высокой температуры выращивания и обеспечения высокого и постоянного качества воды, что может привести к улучшению потенциала роста и здоровья рыбы.

Мальки питаются искусственным гранулированным кормом (размер гранул около 0,5 мм). Кормление должно быть начато до истощения запасов желточного мешка. Корм вводят в избытке, чтобы убедиться, что все рыбы его получают. Подача осуществляется автокормушками по часам. Очень важно, чтобы несъеденный корм и фекалии ежедневно удалялись для поддержания санитарно-гигиенических условий в бассейнах. Несъеденный корм и фекалии удаляются сифоном, пипеткой или потоком воды.

По мере увеличения рыбы в размере размер гранул и суточное количество корма соответственно корректируется (Jokumsen et al., 2006). Этап выращивания мальков длится около 500 градусо-дней (т. е. около 10 недель при температуре 7 °С), и к концу этого этапа мальки могут достигать массы примерно 5 г. Во время следующих 2–3 месяцев мальки растут, достигая примерно 50 г при температуре 7 °С. Мальки могут быть проданы как рыбопосадочный материал в другие хозяйства для выращивания до товарных размеров или для поставки на морские фермы (когда они достигают массы 800 г) (Bregnballe and Jokumsen, 1985).

Подращивание.

На фермах используются различные методики кормления. В некоторых хозяйствах используют компьютеризированную автоматическую подачу, в других хозяйствах используют маятниковые кормушки самостоятельного питания. Тем не менее, стратегией кормления обычно принимаются во внимание специфические условия ведения хозяйства (например, температура воды, кислородные условия, качество воды).

Рыба, как правило, получает ограниченное количество корма в соответствии с кормовой таблицей, но оно близко к требуемому для

оптимизации удельной скорости роста (SGR) и кормового коэффициента (FCR).

На основании датского природоохранного законодательства, FCR не должен превышать 1,0 (Dambrugsbekendtgørelsen, 1989, 1998).

Основное различие между ограниченным кормлением и неограниченным заключается в том, что при ограниченном кормлении основной упор делается на усвоение корма и минимальные потери корма, в то время как потенциал роста рыбы является целью неограниченного кормления. Ограничение кормления является наиболее распространенной стратегией, применяемой в датских пресноводных рыбных хозяйствах для повышения эффективности использования ограниченных резервов кормов и сокращения потерь в окружающую среду (Jokumsen et al., 2006).

При выборе стратегии кормления следует иметь в виду, что линейный рост рыбы происходит в одном измерении, в то время как общий прирост массы (мясо, жир и т. д.) происходит в трех измерениях. Для каждого 1 г роста белка откладывается 3 г воды, и жир не связывает воду. Это означает, что при неограниченном кормлении увеличиваются жировые отложения (Jokumsen et al., 2006). Тем не менее используемая стратегия кормления не оказывает никакого влияния на способность рыбы усваивать корм.

Большинство фермеров в настоящее время используют программу кормления на основе компьютерной программы, которая вычисляет ежедневное количество корма для бассейна в зависимости от размера рыбы, биомассы, ожидаемого кормового коэффициента, температуры, возникновения заболеваний и т. д.

Корма.

Корм составляет основу себестоимости радужной форели, и, следовательно, качество кормов и стратегия кормления имеют первостепенное значение. С кормом рыба получает энергию и необходимые питательные вещества для хорошего роста, эффективного использования кормов и хорошего здоровья. Тем не менее необходимый состав корма меняется в зависимости от стадии жизненного цикла рыбы. Кроме того, при выборе кормов и стратегии кормления стремятся максимизировать производственную экономику и свести к минимуму потери питательных веществ в окружающую среду.

Основными компонентами в корме являются белки, жиры, углеводы, витамины и минералы. Качество и состав, а также количественное соотношение между отдельными компонентами определяются приро-

стом рыбы и усвоением корма. Если хотя бы одно из необходимых питательных веществ (например, незаменимая аминокислота) является недостаточным, этот компонент будет критичным для роста рыб и, возможно, повлияет на здоровье рыбы, воздействие на окружающую среду и в результате на экономику производства.

Конкретные рецепты кормов составлены для каждой стадии жизненного цикла рыбы (мальков, молоди, товарной рыбы и маточного стада). Выбор определенного типа кормления также зависит от условий ведения хозяйства и управления им.

Кормовые гранулы изготавливают путем экструзии. Смесь подвергают воздействию высокого давления и высокой температуры в течение короткого промежутка времени. Эта паточная масса затем продавливается через сопла экструдера для создания расширенных и пористых гранул, которые могут поглощать относительно высокое количество масла (содержание масла – более 30 %).

Основные виды кормов для рыб указаны в табл. 3.1, но нет жестких и четких границ между обозначениями и классами по размерам.

Таблица 3.1. Классификация типов кормов с приближенным составом белков и жиров и размерами гранул для конкретного размера и группы рыб

Тип корма	Протеин/жир (%)	Размер гранул, мм	Размер рыбы, г
Стартовый	60/14	0,5–1,5	0–10
Мальковый	46/23	2,0	10–50
Производственный	43/30	3,0–9,0	50–4000
Для производителей	50/13	9,0	1000–4000

По материалам Dambrugsbekendtgørelsen (1989), состав корма должен соответствовать следующим требованиям:

- количество энергии для роста должно быть не менее 5,8 Мкал/кг, минимум 80 % энергии для роста должно использоваться на метаболизм;
- количество азота не должно превышать 9 % от сухой массы корма;
- количество фосфора не должно превышать 1 % от сухой массы корма;
- количество пыли не должно превышать 1 %.

3.2. Ветеринарно-санитарные нормы

Меры предосторожности по недопущению заболеваний на рыбноводной ферме имеют решающее значение для обеспечения здоровья рыбы, производительности фермы и сокращения риска распространения заболеваний в другие хозяйства. Профилактика заболеваний приводит к снижению потребности в лечении и терапевтических агентах и тем самым уменьшает связанные с ними воздействия на окружающую среду.

Конкретные ограничения (национальные, а также законодательства ЕС) касаются перевозки выращенной рыбы и икры для предотвращения распространения болезней рыб между зонами ЕС или участками, которые считаются свободными от конкретных болезней рыб. Все датские районы, в том числе морские районы, обозначаются как свободные от американского вирусного заболевания, ИHN (инфекционный гематопозитический некроз). Большие площади и многие хозяйства также обозначаются как свободные от заболевания Egtved и VHS (вирусная геморрагическая септицемия).

Работает обширная национальная программа по ликвидации, чтобы искоренить VHS в Дании, особенно в больших речных системах (реки Вайле и Скьерн в южной половине Ютландии). Отдельные хозяйства с высоким риском инфицирования были очищены от рыбы и дезинфицированы. Та же процедура применяется в хозяйствах, где диагностирован VHS.

На основании директивы 2006/88 Совета ЕС (EU Council directive 2006/88) была реализована система категоризации. Это устанавливает определенные требования на состояние здоровья рыб в определенной категории (табл. 3.2). Датская ветеринарная и продовольственная администрация каждый год осуществляет контроль всех датских рыбных ферм, проводя проверки и замеры. На основе этих проверок и анализов образцов каждая ферма классифицируется в одну из следующих групп по наличию некоторых важных заболеваний (табл. 3.2 и Fodevarestyrelsen, 2009).

Данные, приведенные в табл. 3.2, показывают состояние здоровья рыб, которые могут быть перемещены в районы данной категории.

Таблица 3.2. Категории здоровья и юридические торговые пути в ЕС

Категория	Статус	Откуда может завозиться	Куда может завозиться
I	Нет заболевания	Только категория I	Все
II	Программа надзора	Только категория I	Категории III и V
III	Не определено	Категории I, II и III	Категории III и V
IV	Программа ликвидации	Только категория I	Категория V
V	Заражено	Все	Категория V

Антибиотики и терапевтические агенты.

Интенсивное производство рыбы повышает риск заражения рыб различными заболеваниями (бактерии, вирусы, паразиты, грибки и т. д.). Как и во всех отраслях животноводства, антибиотики и химические добавки широко используются на форелевых фермах. Антибиотики утвержденных препаратов назначаются ветеринаром и вводятся рыбам через корма. Некоторые из терапевтических веществ могут быть использованы без рецепта и добавлены в воду для улучшения условий выращивания.

Для предотвращения случаев бактериальных заболеваний рыб большинство мальков форели прививаются (например, против кишечных заболеваний «красный рот» (ERM)) (Bruun et al., 2007). Антибиотики подавляют или уничтожают болезнетворные бактерии в рыбе. Больные рыбы получают корм, покрытый определенным количеством конкретного противомикробного агента, назначенного ветеринаром. Лечение продолжается, как правило, 5–10 дней, но продолжительность зависит от типа антибиотика, заболевания и лечения. Зараженная рыба не должна использоваться в пищу в течение некоторого времени после лечения антибиотиками. Длительность этого периода ожидания зависит от конкретного типа антибиотика, дозы лечения и температуры воды.

Применение антибиотиков включает в себя риск того, что патогенные организмы могут развить устойчивость к конкретным антибиотикам. Некоторые антибиотики попадают в воду из корма или вместе с экскрементами рыб. В зависимости от кинетики деградации (Pedersen et al., 2010) и вида рыбной фермы, некоторые из них могут оказаться в водоприемнике. Фермерскими хозяйствами должны быть приняты меры предосторожности по удовлетворению особых критериев каче-

ства воды (WQC) в принимающих водах (ручьи, реки, озера).

Агентство охраны окружающей среды Дании (Danish Environmental Protection Agency) оценило WQC для каждого вещества на основе токсикологических значений из международной литературы. WQC основаны на осторожном подходе, чтобы живые организмы не подвергались неблагоприятным факторам. При использовании формальдегида в качестве примера WQC определяются либо в терминах средних концентраций разряда во время лечения (10 мкг/л), либо максимально допустимого значения (не должно превышать 46 мкг/л) (Pedersen, 2009).

Датские экологические законы требуют, чтобы все рыбные хозяйства соответствовали определенным требованиям в области производства, обработки воды, методов управления и качества слива воды с фермы, чтобы в хозяйствах соблюдались условия WQC. Эти требования записаны в экологических актах, которые являются предварительным условием для использования антибиотиков и терапевтических агентов.

В будущем использование антибиотиков может быть снижено посредством использования пробиотиков в качестве нового инструмента для предотвращения частоты бактериальных заболеваний. Пробиотики – это бактерии, которые сами по себе не заражают организм, но которые могут препятствовать инфицированию другими видами бактерий. Механизмы, посредством которых пробиотики препятствуют инфицированию другими бактериями, могут представлять соперничество за питательные вещества или выделения, что приводит к уничтожению других видов бактерий. Использование пробиотиков в кормах для рыб может иметь важные экологические преимущества. Уменьшается риск заболеваний, необходимость в лекарствах, и тем самым снижается количество выбросов в окружающую среду.

Использование формальдегида увеличивается с течением времени, но более важным вопросом являются объемы сброса в окружающую среду. Анализы показали, что относительно более низкие выбросы формальдегида по сравнению с традиционными хозяйствами наблюдаются в форелевых хозяйствах 3-го типа (Sortkjaer et al., 2008). Это может быть связано с более высокой степенью разрушения формальдегида в хозяйствах 3-го типа по сравнению с традиционными датскими рыбными фермами. Особенно актуально это для биофильтров и биологических прудов, которые имеют длительное время цикла использования воды в производственных единицах (Henriksen). Деграда-

ция формальдегида также была зафиксирована в системах аквакультуры с рециркуляцией (Pedersen et al.).

Формальдегид является опасным веществом (канцероген), поэтому его использование нежелательно для здоровья человека. В этой связи исследователи изучают потенциальные альтернативы. Одной из них является использование перекиси водорода. Эксперименты показали, что перекись водорода быстрее разлагается (период полураспада в несколько часов) по сравнению с формальдегидом и хлорамином-Т (Bruun et al.). Кроме того, модель была разработана для прогнозирования концентрации выброса отдельных химических веществ (Bruun et al.).

Применение агентов и добавок, вредных для окружающей среды, является приоритетным исследовательским вопросом, как и цель свести к минимуму их использование и выбросы в окружающую среду, которые являются потенциально опасными для окружающей среды. Исследование сфокусировано на получение более полной информации о вакцинации и конкретных веществах и добавках (т. е. количественные потери, состояние окружающей среды и воздействие, кинетика удаления (скорость деградации) и потенциал для замены текущих добавок веществами, которые оказывают меньшее воздействие на окружающую среду).

3.3. Традиционные форелевые хозяйства

Традиционные форелевые фермы используют проточные системы, в которых вода подается через плотины на прилегающих водных источниках, а затем проходит через фермы самотеком (т. е., без использования или с незначительным использованием энергии насосов). Первоначально пруды были построены прямо в речных долинах, близко к берегу рек, но некоторые традиционные фермы заменили земляные пруды резервуарами, изготовленными из бетона или другого водонепроницаемого материала.

Изначально производство радужной форели в пресной воде осуществлялось без очистки сточных вод. Таким образом, производственные воды непосредственно сливались в водотоки и озера, на которых были размещены рыбоводные фермы. Однако с конца 1980-х гг. рыбоводство претерпело постепенное, но значительное технологическое изменение с точки зрения сокращения воздействия на окружающую среду от производства форели.

Одной из проблем, присущих традиционным хозяйствам, является то, что строительство на водотоках плотин из бетонных конструкций (дамбы) препятствует передвижению фауны вдоль водотоков при отсутствии эффективных рыбоходов или обходных систем. В частности, эта проблема касается анадромных видов рыб, которые не могут достичь своих нерестилищ в море. Для облегчения миграции вдоль водотоков потребление свежей воды из водотоков было уменьшено с помощью реализации различных технологий (например, повторного использования воды или рециркуляционной технологии), многие плотины и водосливы были удалены и были построены основные обходы. Кроме того, на входе и выходе из форелевых хозяйств могут быть установлены решетки, чтобы предотвратить вторжение дикой фауны и уход рыбы с фермы.

В 1989 г. новым постановлением правительства (Dambrugsbekendtgørelsen, пересмотрено в 1998 г.) предусматривался ряд правил для пресноводных форелевых хозяйств. Все форелевые хозяйства были ограничены квотами на кормление (кормовой коэффициент выражается как отношение кг корма/кг увеличения массы рыбы и не должен превышать 1,0); качество корма должно было соответствовать данным спецификации (Dambrugsbekendtgørelsen, 1989), также необходимо было запретить использование влажных кормов и мягких гранул. Кроме того, для всех форелевых хозяйств стала обязательной постройка отстойника для удаления питательных, органических и твердых частиц, а фермеры были обязаны принимать участие в программе по контролю качества воды (химического), проводя заборы проб (обычно 2–6 проб в год на входе и выходе) и представляя документацию, подтверждающую приблизительные выбросы питательных веществ (азота и фосфора) и взвешенных (органических) веществ. Одним из последствий нового закона является то, что фермеры могут увеличить свое производство только за счет улучшения использования кормов. Таким образом, значительные изменения были внесены в план разработки эффективных кормов с высоким коэффициентом использования питательных веществ, в технологию кормления (Jokumsen, 2002). Соответственно, количество произведенной рыбы на 1 кг корма значительно увеличилось, а относительные сбросы питательных и органических веществ с рыбоводных ферм были снижены.

Многие из основных датских водотоков (около 27 000 км) имеют конкретные экологические предписания, которые должны быть выполнены. Эти задачи определяются датским перечнем для речной фау-

ны (DVFI), который включает в себя список беспозвоночных, обитающих на дне протоков (Friberg et al., 2006). Таким образом, сбросы из хозяйств и запруды выше по течению от фермы не должны препятствовать повышению качества окружающей среды ниже по течению от рыбной фермы. Для каждой фермы создается перечень условий обязательных экологических разрешений от административной власти для того, чтобы эта цель была достигнута для каждого конкретного участка реки в ее русле.

В дополнение к ограниченной квоте на кормление многие рыбные фермы имеют ограничения по статистической максимальной концентрации (и (или) сумме) в точках выбросов питательных, органических и взвешенных веществ и минимального уровня насыщения кислорода в воде, выходящей из хозяйств. Кроме того, должны быть приняты во внимание многие другие национальные законы и директивы ЕС, например, Закон об экологических задачах (Environmental Target Act), положение о водозаборе, о защите от забора фауны с потоком воды, об охране природы, правила сохранения, строительства и строительные нормы, положение о шуме и запахе, об использовании антибиотиков и химических добавок, контроль за хищниками, правила использования или утилизации шлама из отстойников (бассейнов).

Учитывая местные условия, экологическое разрешение также включает аспекты «Наилучшая имеющаяся технология» (НИТ), например, строительство хозяйств и эксплуатация оборудования, в том числе оборудования для очистки, ограничение потребления воды из водотока, состав корма и управление кормлением, технологические процессы, оксигенация, вакцинация и использование медицинских и химических добавок. В связи с достижением требуемых экологических разрешений, большинство традиционных форелевых хозяйств стали более технологичными, они в различной степени используют очистку воды, повторное использование воды, аэрацию и оксигенацию в соответствии с требованиями. Не существует стандартизированных методов для решения проблем, поэтому рыбоводы часто используют локальные методики.

Тем не менее базовые условия для форелевых хозяйств были неясны, так как не было достаточного количества документов по выращиванию форели и его прямому воздействию на прилегающую водную среду. Кроме того, не имеется никаких документов об экологических последствиях различных технологий, применяемых на рыбных фермах. Этот широко признанный факт привел к идее образцовых форелевых хозяйств.

3.4. Образцовые форелевые хозяйства

Целями образцового рыбоводного хозяйства (рис. 3.5) являются следующие:

1. Ведение документов об управлении и экологических параметрах, относящихся к датским форелевым хозяйствам, в том числе документации по выбросам веществ:

- азот (аммиак, нитраты, общее содержание азота);
- фосфор (растворенный и общий);
- биохимическая потребность в кислороде (БПК), которая выражает скорость потребления кислорода микроорганизмами в образце воды при температуре 20 °С в темноте;
- химическое потребление кислорода (ХПК), которое является мерой содержания органических веществ в воде.

2. Документирование и определение эффективности конкретных очистительных устройств (микросит, шламовых конусов, биофильтров, а также биологических прудов).

3. Уменьшение потребления пресной воды.

4. Увеличение удержания (преобразование) органических и питательных веществ.

5. Ознакомление с экологическими целями качества для конкретного водоприемника (река, озеро, прибрежные районы).

6. Увеличение производства рыбы без соответствующего негативного воздействия на окружающую среду.

7. Создание административных процедур по оптимизации и облегчению экологических разрешений.

На основе теоретических расчетов были определены три различных типа образцовых хозяйств по эффективности внедрения различных технологий очистки в существующих традиционных фермах. Тем не менее по разным причинам (забор воды, инвестиционные затраты и т. д.) были разработаны только два типа образцовых форелевых хозяйств (табл. 3.3).

Все данные основаны на стандартной модели с использованием 100 т кормов в год, со складом в 40 т, средней массой рыбы 120 г и максимальной плотностью посадки рыбы 50 кг/м³ (Dambrugsudvalget, 2002; Modeldambrugsbekendtgørelsen, 2002).



Рис. 3.5. Образцовое рыбное хозяйство Ejstrupholm (тип 3). Производственные подразделения включают две секции, каждая из которых состоит из двух бетонных каналов. На переднем плане видны три пруда для содержания рыбы. На заднем плане слева располагаются биологические пруды, которые состоят из бывших земляных прудов, заросших растениями

Таблица 3.3. Некоторые из наиболее важных параметров, характеризующих тип типа образцовых рыбных ферм

Тип фермы	Модель 1	Модель 2	Модель 3
Строительный материал водоема	Почва или бетон	Почва или бетон	Бетон
Рециркуляция воды ¹ (минимальная, %)	70	85	95
Водопотребление (максимальное, л/с)	125	60	15
Плотность рыбы (максимальная, кг/м ³)	50	50	50
Время использования воды в производстве (минимальное количество часов)	8,9	12,3	18,5
Максимальное суточное количество корма (кг)	800	800	800
Сбор осадка в бассейнах	Да	Да	Да
Децентрализованное осаждение (например, в осадочных конусах)	Да	Да	Да
Устройства для удаления твердых частиц	Да	Да	Да
Биофильтры	Нет	Да	Да
Биологические пруды (1440 м ³) ²	Да	Нет	Да

Примечания: ¹(Внутренняя рециркуляция / (Внутренняя рециркуляция + Водозабор)) · 100.

²Минимальная продолжительность использования – 9 часов в растительных прудах и максимальная гидравлическая нагрузка 1 л на 48 м² растительного пруда; средняя глубина – 0,7–0,9 м.

Государственное распоряжение о моделях форелевых хозяйств, которое используется для регулирования потребления корма, содержания

в процентах азота, фосфора и органических веществ (БПК), основано на опыте использования устройств по очистке сточных вод в пресноводных рыбных фермах, очистных сооружений, а также теоретических соображений (табл. 3.4).

Таблица 3.4. **Предполагаемое выделение (%) согласно документу «Об образцовых форелевых хозяйствах» по органическим веществам (БПК), общему азоту и общему фосфору (Modeldambrugsbekendtgørelsen, 2002)**

Модели форелевых хозяйств	БПК	Общий азот	Общий фосфор
Традиционные пресноводные рыбные хозяйства	20	7	20
Образцовое форелевое хозяйство, тип 1	70	7	55
Образцовое форелевое хозяйство, тип 2	50	15	45
Образцовое форелевое хозяйство, тип 2 без микросит	45	11	40
Образцовое форелевое хозяйство, тип 3	80	15	65
Образцовое форелевое хозяйство, тип 3 без микросит	75	11	60

Соотношение между процентом удаления (R) и допустимым потреблением корма (F) определяется по формуле

$$F_M = ((1 - R_n) / (1 - R_N)) \cdot F_T,$$

где F_M – допустимое количество корма для образцового форелевого хозяйства;

R_n – процент поглощения БПК, азота и фосфора соответственно для традиционного форелевого хозяйства;

R_N – процент поглощения БПК, азота и фосфора соответственно для образцового форелевого хозяйства;

F_T – допустимое количество корма в соответствии с распоряжением «О форелевых хозяйствах» (Dambrugsbekendtgørelsen, 1989) (т. е. до реорганизации рыбной фермы в образцовое форелевое хозяйство).

Допустимое количество корма регулируется на основе самого низкого из процентов удаления для БПК, азота и фосфора соответственно.

Для обеспечения систематического документирования эффективности очистки в течение двух лет проводилась комплексная программа мониторинга для восьми образцовых форелевых хозяйств типа 3, которые были недавно реорганизованы из традиционных пресноводных форелевых хозяйств.

Тщательно документировались баланс и потери питательных веществ, органических и взвешенных веществ, проценты удаления и потери на килограмм произведенной рыбы, эффективность различных устройств очистки воды (Svendsen et al., 2008). В ходе двухлетнего периода исследования восемь образцовых хозяйств-участников получили разрешение на количество корма, более чем в 2 раза превосходящее предлагаемое Dambrugsbekendtgørelsen (1989), что связано с использованием предполагаемого процента удаления фосфора. Если бы деятельность этих хозяйств регулировалась предполагаемым процентом удаления азота, эти модели хозяйств получили бы только около 40–50 % дополнительного разрешения по сравнению с традиционными рыбными фермами. Тем не менее дополнительные разрешения на корма в размере 40–50 % были расценены рыбоводами как недостаточные для согласия на риск инвестиций в реорганизацию своей рыбной фермы. Результаты мониторинга было предложено внедрять для управления образцовыми хозяйствами.

Образцовое форелевое хозяйство может получать дополнительно 10 т квоты на корма на каждые 1000 м² растительных прудов по сравнению с площадью растительных прудов в обычных хозяйствах. Это дополнение связано с результатами мониторинга, показавшими удаление 1 г азота на 1 м² биологического пруда в день (0,365 кг N в год) (Fjorback et al., 2003).

Образцовые форелевые хозяйства 1-го типа.

Образцовое форелевое хозяйство этого типа (рис. 3.6) – это обширные фермы с механической очисткой воды и повторным использованием ее (максимально – 1,25 л воды/с/т корма в год). В них происходит довольно эффективное внутреннее преобразование питательных веществ, а плотность разведения является относительно низкой. Водоподготовка происходит частично за счет внутренних процессов преобразования, частично через конусы осаждения, микросита (или контактные фильтры), биологические пруды и шламовые бассейны. Биофильтры не требуются.

Форелевое хозяйство 2-го типа.

Образцовое форелевое хозяйство этого типа – это высокозагруженные фермы с механической и биологической очисткой воды, с более низким расходом воды и увеличенным повторным использованием ее по сравнению с образцовыми форелевыми хозяйствами типа 1. В дополнение к внутреннему преобразованию питательных веществ очистка воды происходит с помощью иловых конусов, микросит (самоточ-

ных), биофильтров и шламовых бассейнов, но без применения биологических прудов. Тем не менее ни одно датское форелевое хозяйство не было преобразовано по этому типу, возможно, из-за высокой стоимости конверсии по сравнению с полученным увеличением резерва кормов.



Рис. 3.6. Образцовое форелевое хозяйство Bregnholm Mølle (тип 1) с микроситами, вставленными в правом углу

Форелевое хозяйство 3-го типа.

Форелевое хозяйство 3-го типа представляет собой самый высокий уровень инноваций с низким потреблением свежей водой. Максимальное значение равно 0,15 л воды на входе/с/т/год, или 3600 л на 1 кг произведенной рыбы, но в настоящее время потребление свежей воды в этих образцовых хозяйствах значительно ниже, а степень рециркуляции соответственно увеличена. Таким образом, потребление воды примерно на 15–25 % ниже, чем потребление воды в традиционных проточных рыбных фермах. Кроме того, форелевые хозяйства 3-го типа имеют самый высокий уровень рециркуляции (95 %) и в них применены самые передовые рециркуляционные технологии при обработке воды.

В форелевых хозяйствах 3-го типа используются устройства, показанные на рис. 3.7.



Рис. 3.7. Образцовое форелевое хозяйство Kongeåens (тип 3).
Производственные подразделения включают в себя три секции, каждая из которых состоит из двух бетонных дорожек с микроситами (размер ячейки – 74 мкм) перед секцией биофилтра (на переднем плане). Слева расположены биологические пруды, состоящие из бывших земляных прудов и впускных и выпускных каналов (Svendsen et al., 2008)

В работающих образцовых хозяйствах 3-го типа новая вода подается из верхних водохранилищ грунтовых вод (т. е. из скважины, источника или трубопровода под или рядом с заводом). Это означает, что эти хозяйства, в принципе, являются полностью независимыми от водоснабжения водотока и не требуют наличия плотин и дамб. Таким образом, они не оказывают никакого влияния на прохождение дикой фауны через рыбное хозяйство.

Пруды в виде бетонных резервуаров.

Типичные дорожки имеют глубину 1–1,5 м и разделены на секции, каждая из которых оснащена иловыми конусами и системами аэрации, разделенными сетками (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Стандартные производственные линии в форелевом хозяйстве Hallundbæk

Эрлифты.

У воздушных насосов (также называемыми эрлифтами) есть две функции: поднять воду на несколько сантиметров, чтобы побудить движение воды под действием силы тяжести, или одновременно освежить (дегазировать) воду. Был проведен мониторинг внутреннего расхода воды и скорости потока в каналах форелевых рыбководных хозяйств 3-го типа. Расход составил 400–700 л/с, а скорость – примерно $0,06\text{--}0,10\text{ м/с}^{-1}$ (Svendsen et al., 2008).

Воздушный насос состоит из водоема (углубления), снабженного перегородкой. На одной стороне (справа на рис. 3.8) имеется несколько диффузоров, которые вводят под давлением атмосферный воздух через компрессоры. Движущей силой в эрлифте является разница в удельном весе между водным участком и воздушно-водным. Количество воздуха, нагнетаемое в систему, определяется требуемым расходом воды и кислорода (Lokalenergi, 2008). Основным преимуществом эрлифта является его способность перемещать большие объемы воды при относительно низком расположении рабочего органа (Lokalenergi, 2008).

Шламовые конусы, микросита и шламовые бассейны.

Целью шламовых уловителей (конусов) в задней нижней части каждой секции каналов является удаление твердых частиц. Шламовые ловушки быстро удаляют крупные частицы (фекалии, избыток корма и т. д.), тогда как микросита с размером ячеек около 70 мкм являются более эффективными при удалении мелких частиц. Микросита обычно помещаются в конце каждой производственной единицы перед биофильтрами. Микросита могут быть установлены в качестве дополнения к шламоуловителям.

Опыт использования шламовых конусов указывает на важность их регулярного опорожнения (по крайней мере 2 раза в неделю или более, прежде чем они заполняются) для оптимизации удержания питательных и органических веществ и уменьшения утечки растворенных питательных и органических веществ и ресуспендированных мелких частиц (Svendsen et al., 2008). Процесс опорожнения должен быть очень коротким, чтобы уменьшить количество потерь воды в шламовых бассейнах. Это может быть выполнено автоматически (с помощью компьютерного управления) через определенные промежутки времени с фиксированным коротким отрезком времени или это может осуществляться в зависимости от фиксированной степени заполнения шламовых конусов. Эффективное удаление органических веществ при механической фильтрации необходимо для должного функционирования биофильтров.

Шлам перекачивается в бассейны (резервуары) для отстаивания (хранения) отложений и очистки оставшей осадочной воды (рис. 3.9). Долгое время удерживания его в шламовых бассейнах позволяет более эффективно оседать частицам, что уменьшает количество питательных и органических веществ, которые возвращаются с очищенной от шлама водой из шламовых бассейнов.

При добавлении осадителя (полиалюминийхлорид или феррожелезо) большая часть растворенного фосфора может осесть в иловых бассейнах, тем самым снижая выбросы фосфора из растительных прудов. Кроме того, удаление соединений азота может быть улучшено путем пропускания осадочной воды через биофильтр, прежде чем она попадет в биологический пруд (Svendsen et al., 2008). В биологических прудах происходят окончательные процессы природного удаления и переработки. Осадок транспортируется в качестве сельскохозяйственных удобрений или для производства биогаза.



Рис. 3.9. Из шламовых конусов шлам поступает в бассейны (емкости) для твердых частиц. Слева – образцовое ферелевое хозяйство Ejstrupholm; справа – образцовое ферелевое хозяйство Løjstrup

Биофильтры.

Основной целью биологической фильтрации является удаление растворенных веществ, таких как аммиак и растворенные органические вещества, БПК и мелкие частицы, прошедшие механическую фильтрацию. Биофильтр является средой с большой площадью поверхности контакта. Биофильтр может являться контактным и быть построенным из керамзита или биоблоков, которые также могут удалять органические вещества (рис. 3.10).

Также существуют жидкие фильтры, такие как подвижные фильтры с большим количеством пластиковых шариков, которые взвешены и вращаются потоком воды и (или) путем барботажом воздухом. Поверхность загрузки биофильтра покрыта автотрофной биопленкой и гетеротрофными бактериями, которые питаются питательными веществами, выделяемыми рыбой и растворенными из фекалий. Автотрофные бактерии преобразуют аммиак с использованием кислорода, в то время как гетеротрофные бактерии превращают органические вещества, а также используют кислород. Поэтому удовлетворительные кислородные условия в биофильтрах имеют важное значение для достижения оптимальной производительности.

В принципе, в биофильтрах происходят два биологических процесса. Оба процесса являются аэробными и поэтому требуют достаточно количества кислорода:

1) удаление органического вещества гетеротрофными бактериями:
 органическое вещество + O₂ → биомассы (шлам) + CO₂ + H₂O;

2) удаление аммиака автотрофными бактериями путем нитрификации; это включает в себя два процесса (окисление аммония (NH_4^+) и окисление нитрита (NO_2^-)):

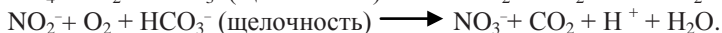
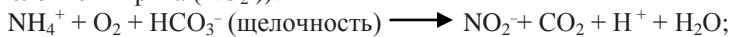


Рис. 3.10. Биофильтры разделены на секции из биоблоков в образцовом форелевом хозяйстве Ejstrupholm (тип 3). Справа от биофильтров находится устройство для аэрации отведенных грунтовых вод и осадков до попадания воды в производственные узлы

Использование неорганического углерода для роста бактерий требует больше энергии, чем использование органического углерода. Таким образом, требуется гораздо больше времени, чтобы активировать автотрофный биофильтр (4–6 недели) по сравнению с гетеротрофным биофильтром (несколько дней). Так как гетеротрофные бактерии растут гораздо быстрее, чем автотрофные бактерии, то при наличии достаточного количества органического углерода на биофильтре можно вырастить толстое покрытие из гетеротрофных бактерий (Janning, 2010). Учитывая тот факт, что оба процесса потребляют кислород, оптимальная производительность биофильтров зависит от количества кислорода.

Процесс нитрификации является затратным, при этом выделяется кислота. Кроме того, CO_2 получают путем гетеротрофной конверсии

органического вещества, что приводит к падению уровня рН. Соответственно для стабилизации рН необходимо добавление щелочи (например, NaHCO_3). Щелочность, рН, температура воды, концентрация кислорода, содержание питательных соединений и органических веществ должны контролироваться ежедневно в целях оптимизации нитрификации и трансформации органического вещества в биофильтре.

Регулярная промывка биофильтра важна для оптимизации нитрификации. Промывка главным образом удаляет кислородопоглощающие гетеротрофные бактерии, которые могут замедлить процесс нитрификации, и другие частицы, которые уменьшают проток через биофильтр. Промывка помогает поддерживать оптимальный баланс между этими двумя группами бактерий.

Кроме того, за счет уменьшения количества твердых частиц, поступающих в биофильтр, может быть уменьшена частота промывки. Опыт восьми образцовых форелевых хозяйств показал, что промывка должна проводиться как минимум один раз в неделю, но только на короткий промежуток времени, с использованием минимального количества воды (Svendsen et al., 2008). Для подвижных фильтров нет очевидной необходимости для промывки, но достаточность кислорода имеет решающее значение для достижения оптимальной производительности фильтра.

Применение антибиотиков и терапевтических агентов может временно снизить эффективность биофильтра, но биопленки являются устойчивыми и могут пережить процедуры очистки и дезинфекции. Тем не менее эффект от этих химических соединений на процессы в биофильтре необходимо изучить более подробно. Однако конструкция некоторых типовых ферм позволяет воде протекать в обход биофильтра в периоды лечения.

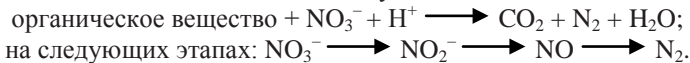
Растительные пруды.

Биологические пруды состоят из старых взаимосвязанных земляных прудов и каналов, в которых растут различные дикие растения (рис. 3.11). В этих прудах резервуары и каналы должны быть подключены как извилистые протоки и избыток воды из производственных блоков и шламовых бассейнов должен попадать вверх по течению, насколько это возможно в пруде, чтобы гарантировать, что весь объем растительного пруда участвует в химическом и физическом удалении и трансформационных процессах.



Рис. 3.11. Биологические пруды образцового хозяйства в Ejstrupholm

Биологические пруды важны для переработки нитрата в N_2 ; деградации БПК; поглощения накопленного органического вещества, частиц фосфора, азота и взвешенных веществ, а также для поглощения растворенного азота и фосфора растительной биомассой. Тем не менее биологические пруды не эффективны при преобразовании аммиака в нитрат. Благодаря переработке органических веществ, анаэробные условия часто встречаются в нижней части и вблизи нижних областей в прудах и таким образом способствуют денитрификации, т. е. превращению нитратов в газообразный азот при потреблении органического вещества в соответствии со следующей схемой:



Кроме того, время пребывания производственной воды в прудах важно для удаления питательных веществ и разрушения органических веществ.

Часть воды в растительных прудах совместно с растворенными питательными и органическими веществами может проникать на дно прудов и земляных каналов, чтобы достичь зоны аэрации ниже. Часть проникающей воды может просачиваться дальше в грунтовые воды, некоторая часть может в последующем попасть в поверхностные воды,

а некоторая часть в скважины и канализацию в качестве свежей воды для рыбного хозяйства, что в определенной степени может повлиять на общую эффективность очистки образцовых хозяйств (Svendson et al., 2008). Предполагается, что большая часть инфильтрирующих питательных и органических веществ перерабатывается, связывается и, следовательно, удерживается или возвращается в рыбное хозяйство в составе новой воды. Тем не менее с течением времени донное просачивание в биологических прудах, вероятно, снижается из-за засорения.

Экологические преимущества образцовых форелевых хозяйств.

Сниженный и стабильный водозабор, который характеризует образцовые форелевые хозяйства, является благоприятным для окружающей среды, но он имеет свои преимущества и недостатки при управлении хозяйством (табл. 3.5).

Таблица 3.5. Преимущества и недостатки для проточной воды и рыбного хозяйства при сниженном потреблении воды на ферме, в том числе частичном или полном удалении плотин и дамб с водотоков

Водоток	Рыбное хозяйство
<p>Преимущества: Свободный проток воды вверх или вниз по течению и естественные изменения в потоке воды в водоеме при содействии байпасов. Отсутствие или снижение эффектов запруживания. Свободный проход фауны. Снижение количества выделяемых питательных и органических веществ на килограмм произведенной рыбы. Снижение количества лекарственных и терапевтических средств и снижение их максимальной концентрации. Улучшение кислородных условий ниже по течению от рыбного хозяйства. Снижение проходов фауны из водотоков в рыбное хозяйство.</p> <p>Недостатки: Отсутствуют</p>	<p>Преимущества: Стабильные условия производства. Незначительные изменения в качестве воды. Повышение эффективности очистки воды. Использование воды из скважин, приводящее к уменьшению количества сезонных колебаний температуры. Улучшенный контроль управления и производства. Сокращение риска внешнего заражения патогенными микроорганизмами. Сокращение потребности в медикаментах и терапевтических процедурах. Улучшенная рабочая среда.</p> <p>Недостатки: Высокое потребление энергии на 1 кг рыбы. Повышение выделений CO₂. Риск токсичных уровней аммиака и риск ухудшения вкуса рыбы. Повышенная потребность надзора и управления. Повышенная потребность в резервных системах: электричество, кислород, насосы и т. д.</p>

Исследования образцовых форелевых хозяйств показали значи-

тельное снижение выбросов питательных и органических веществ в реках и ручьях, связанных с производством, по сравнению с разрядами от традиционных датских форелевых ферм (табл. 3.6).

Таблица 3.6. Сбросы N, P и БПК за 2006-2007 гг. (кг/т произведенной рыбы) от восьми контролируемых образцовых форелевых хозяйств 3-го типа по сравнению со сбросами из датских пресноводных рыбных хозяйств в 2006 г.

Кг/т рыбы	Традиционные фермы в 2006 г.	Образцовые фермы 3-го типа 2006–2007 г.	Образцовые фермы в % от традиционных ферм
Всего N	31,2	20	64
Всего P	2,9	1,1	38
БПК	93,6	5,6	6

Регистрация измерений показала, что удельный расход (кг/т рыбы) азота (N), фосфора (P) и органических веществ (в расчете на БПК) в образцовых хозяйствах составил 64, 38 и 6 % соответственно от расчетного сброса из традиционных датских пресноводных форелевых хозяйств (Svendesen et al., 2008).

3.5. Органические хозяйства

Целью органических хозяйств является создание более этичной методики устойчивого производства с использованием местных ресурсов и природных процессов, которые помогают поддерживать естественный цикл (т. е. поддерживать баланс в природе). Органическое разведение радужной форели в Дании было начато в 2001 г., а в 2004 г. национальный прикладной кодекс вступил в силу через постановления правительства. На рис. 3.12 показано одно из датских органических форелевых хозяйств-пионеров.

В дополнение к удовлетворению регламента Dambrugsbekendtgørelsen (1989) и более 10 других норм и правил, органический прикладной кодекс включает в себя конкретные требования к содержанию кислорода, азота, уровню pH, (ежедневные или еженедельные измерения), ветеринарный контроль, лечение антибиотиками (один раз в течение жизни органической рыбы) и список допустимых химических добавок. Соответственно, использование формальдегида, хлорамина-Т и сульфата меди не допускается. Используется только LT-тип рыбной муки; не используются рыбные субпродукты из-за содержания фосфора в них и потому, что их использование противоречит Dambrugsbekendtgørelsen.

ørelsen и датским экологическим законам (Jokumsen et al., 2006). Кроме того, в корме должны отсутствовать ГМО-ингредиенты и этоксикивин для их более длительного хранения.



Рис. 3.12. Органическое форелевое хозяйство Skravad Mølle, Хобро, Дания

Первая датская форель с датским красным органическим символом Ø на этикетке была произведена в соответствии с национальными требованиями и введена на рынок в 2005 г. (Jokumsen et al., 2006). Годовой объем органического производства радужной форели в Дании составлял около 300 т (Larsen, 2009).

Органическое рыбоводство было введено в нескольких европейских странах с 1990 г. в соответствии с конкретными национальными прикладными кодексами (например, Soil Association (Великобритания), Naturland (Германия), KRAV (Швеция) и Debio (Норвегия)) (Jokumsen et al., 2006). Различные правила регулирования минимальных уровней для органической аквакультуры усложнили прозрачность выбора продукта потребителем и создали искаженную конкуренцию между производителями. Таким образом, Международная федерация движения за органическое земледелие (IFOAM) (региональная группа ЕС) согласилась на компромисс для общих правовых критериев минимальных условий для органической аквакультуры во всех странах-членах ЕС. Документ вступил в силу 1 июля 2010 г. Это постановление ЕС заменит национальные правила, с переходным периодом в 4–5 лет, что зависит от размера производства.

Основные правила нового регулирования ЕС сведены в табл. 3.7 (с акцентом на радужную форель).

Таблица 3.7. Основные правила регулирования ЕС для органического производства пресноводной радужной форели

Вопрос	Регулирование
Параллельное органическое / традиционное производство	Физическое разделение и отдельное водоснабжение
Внедрение обычной рыбы для органического производства	Для молоди, минимум 2/3 жизненного цикла в соответствии с органическим регулированием. Использование для разведения после 3 месяцев в зависимости от органического регулирования. Начиная с 2015 г., все мальки должны быть органическими (т. е. из органического маточного стада)
Проточные / рециркуляционные системы	Закрытые системы рециркуляции не допускаются. Рециркуляция (включая нагрев / охлаждение) может быть использована при инкубации и для производства мальков
Аэрация / оксигенации	Допускаются только механические аэраторы, и предпочтительно они запитаны от возобновляемых источников энергии. Чистый кислород допускается только в критических ситуациях, чтобы обеспечить благосостояние рыбы
Кормовой пигмент	Астаксантин из природных источников разрешается в пределах физиологических требований рыбы
Плотность рыбы	Максимум 25 кг/м ³
Консультации ветеринара	Минимум одно медицинское обслуживание в год
Лечение	Проведения двух лечений в год для жизненных циклов более 1 года Не более одной обработки для жизненных циклов менее 1 года
Противопаразитарная обработка	Проведение двух лечений в год. Не более одной обработки для жизненных циклов менее 18 месяцев
Переходный период для вступления в силу регулирований ЕС	1 июля 2013 г. 1 июля 2015 г. для ферм по производству мене 200 т в год

Это новое положение ЕС будет иметь различные последствия для существующих и планируемых датских органических форелевых хозяйств. Например, использование замкнутых систем рециркуляции будет разрешено только для рыбопитомников и производства мальков. Для развивающихся органических производств будет разрешен ряд открытых потоковых систем с повторным использованием воды (например, типы 1 и 3 образцовых форелевых хозяйств). Использование возобновляемых источников энергии рекомендуется там, где это адекватно, но это требование не обязательно.

3.6. Правила пресноводной аквакультуры в Дании

Производство пресноводной форели в Дании регулируется различными правилами в отношении воздействия на окружающую среду, квоты кормления, использования водных ресурсов и т. д. В табл. 3.8 перечислены некоторые из действующих правил и принципов, которые регулируют производство пресноводной форели в Дании.

Таблица 3.8. Основные положения и принципы пресноводной аквакультуры в Дании (Dambrugsbekendtgørelsen, 1989, 1998; ModelDambrugsbekendtgørelsen, 2002; Miljøministeriet, 2007)

Показатели	Традиционное хозяйство	Образцовое хозяйство № 1	Образцовое хозяйство № 3
1	2	3	4
Водозабор (проход). Минимальный процент потока воды (Q_{mm}) ¹ в ходе воды, которая должна пройти через хозяйство	50 %		
Максимальное использование воды, л/с/100 т корма в год	–	125	15
Хорошее экологическое состояние окружающей среды ниже по течению от фермы, в том числе животного мира прохождения	Да		
Входная сетка, максимальный размер сетки на выходе, мм	6 10		
Максимальный перепад от входа к выходу (рассчитывается от Q_{mm}) ² : БПК, мг/л взвешенные вещества, мг/л общее содержание фосфора, мг/л аммиак-N, мг/л общий азот, мг/л	1 3 0,05 0,4 0,6		

Окончание табл. 3.8

1	2	3	4
Насыщение кислородом на выходе, минимальное процент	60	70	70
Критерии качества воды WQC (Содержание _{выход} – Содержание _{вход}): максимальные значения ³ :	7,2 5,8 130 1 доб. (верхний предел 12) ^{4, 5} 9,2 доб. ² 10 доб. ² 10 доб. ² 0,84 0,078 1,2 10 15 4,6 100		
бензокаин, мкг/л			
хлорамин-Т, г/л			
хлорбутанол, г/л			
медь, мкг/л			
формальдегид, мкг/л			
перекись водорода, мкг/л			
йод, мкг/л			
перманганат калия, мкг/л			
амоксциллин, мкг/л			
флюороглюцин, г/л			
окситетрациклин, г/л			
оксолиновая кислота, мкг/л			
сульфадиацин, г/л			
триметоприм, мкг/л			
Здоровые условия и медицинские осмотры	Да		
Контроль уход рыбы и хищников; наличие сетей и решеток	Да		
FCR (кормовой коэффициент)	Максимально 1,0		
Фильтр мелких частиц	Да	Да	Да
Биофильтр	Нет	Нет	Да
Растительный пруд	Нет	Да	Да

Примечания: ¹Q_{min} – среднее минимальное значение потока воды, среднее за год от самых низких дневных значений потока типичных по меньшей мере для 20-летнего периода.

²Увеличение концентрации при ведении традиционного форелевого хозяйства на основе фактического Q_{min}. Для образцовых форелевых хозяйств эти значения были увеличены, чтобы полностью или частично компенсировать снижение потребления воды и для более низкого количества выбросов в водотоки.

³Данные являются максимальными среднегодовыми значениями, которые учитывают статистическую неопределенность (например, на практике индивидуальные различия концентрации должны быть несколько ниже, чем WQC, чтобы соответствовать экологическим нормам) (Svendsen et al., 2008).

⁴Добавочно (доб.) к фоновой концентрации.

⁵Концентрация растворенного металла.

4. РЫБОВОДНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ДАТСКИХ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ В АКВАКУЛЬТУРУ БЕЛАРУСИ

4.1. Цель обоснования

Целью данного обоснования являлась рациональная оценка возможности внедрения датских рециркуляционных технологий в аквакультуру Беларуси, с дальнейшим внедрением в другие страны региона Балтийского моря.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

оценка спроса на новые технологии в Беларуси и впоследствии в других регионах Балтийского моря;

обзор технологического состояния отрасли, профессионального опыта и подготовки кадров в области рыбного хозяйства;

выявление критических факторов риска внедрения новых технологий в аквакультуру Беларуси.

4.2. Окружающая среда и экология

Вопросы рыбоводства, рыболовства и природоохранного законодательства регулируют следующие нормативные и законодательные акты:

- Закон Республики Беларусь «О животном мире»;
- Водный кодекс Республики Беларусь;
- Об утверждении Положения о порядке предоставления водных объектов (их частей) в аренду для рыбоводства и других целей (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 4 октября 2007 г. № 1260);
- О мерах по реализации Указа Президента Республики Беларусь от 8 декабря 2005 г. № 580 «О некоторых мерах по повышению эффективности ведения охотничьего хозяйства и рыбохозяйственной деятельности, совершенствованию государственного управления ими» (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 6 апреля 2006 г. № 466);
- Правила ведения рыболовного хозяйства и рыболовства.

Аквакультура в Республике Беларусь не является видом лицензируемой деятельности. Основное законодательство посвящено право-

вому регулированию в области рыболовства, аренды водных ресурсов и охраны естественных рыбных ресурсов.

Правовое регулирование в области рыболовства.

Любительское рыболовство в рыболовных угодьях, составляющих фонд запаса рыболовных угодий, а также в рыболовных угодьях, предоставленных в аренду, на которых не организовано платное любительское рыболовство, осуществляется бесплатно в порядке общего пользования объектами животного мира.

Любительское рыболовство в рыболовных угодьях, предоставленных в аренду, на которых организовано платное любительское рыболовство, а также в рыболовных угодьях, предоставленных в безвозмездное пользование по решению Президента Республики Беларусь, осуществляется за плату на основании путевки на платное любительское рыболовство в соответствии с правилами ведения рыболовного хозяйства и рыболовства.

Промысловое рыболовство осуществляется в рыболовных угодьях, предоставленных в аренду или безвозмездное пользование для ведения рыболовного хозяйства. Промысловое рыболовство осуществляют лица, работающие у арендаторов рыболовных угодий на основании трудового или гражданско-правового договора и имеющие промысловые билеты.

Правовое регулирование в области аренды водных ресурсов.

Все воды (водные объекты), находящиеся на территории Беларуси, составляют исключительную собственность Республики Беларусь. К водному фонду относятся: поверхностные воды (водные объекты) – реки, ручьи, родники, озера, пруды, водохранилища, каналы и подземные воды.

Водные объекты могут предоставляться в аренду для рыбоводства и других целей в соответствии с законодательством на основании решений местных Советов депутатов.

Водные объекты предоставляются только во временное водопользование. Временное водопользование может быть краткосрочным – до 5 лет и долгосрочным – от 5 до 25 лет. Срок водопользования устанавливается органом, выдавшим разрешение на специальное водопользование либо предоставившим водный объект в обособленное водопользование, аренду или безвозмездное пользование.

Не подлежат передаче в аренду для рыбоводства и других целей водные объекты:

включенные в Республиканскую комплексную схему размещения рыболовных угодий;

используемые для питьевых, бытовых и иных нужд населения; расположенные на территории населенных пунктов и (или) на особо охраняемых природных территориях.

Использование водных объектов, имеющих особое государственное значение либо особую научную, культурную или иную ценность, может быть частично или полностью запрещено по решению Совета Министров Республики Беларусь.

Арендаторы водных объектов обязаны:

использовать водные объекты по целевому назначению; своевременно вносить плату за аренду водных объектов в соответствии с договором аренды водного объекта;

эксплуатировать водные объекты в соответствии с правилами эксплуатации, утвержденными в установленном законодательством порядке;

содержать в надлежащем состоянии территории водоохранной зоны и прибрежной полосы водного объекта, переданного в аренду;

обеспечить обустройство и содержание в надлежащем состоянии отведенных земельных участков, используемых для рыбоводства и других целей;

ежегодно проводить ихтиопатологическое обследование выращиваемой рыбы и иных объектов аквакультуры, осуществлять мероприятия по предотвращению их заболеваний;

представлять государственную статистическую отчетность в установленном законодательством порядке;

осуществлять обращение с отходами в соответствии с законодательством об отходах.

Для получения в аренду рыболовных угодий юридическое лицо представляет в местный исполнительный и распорядительный орган следующие документы: заявление о предоставлении рыболовных угодий в аренду (далее – заявление); проект договора аренды рыболовных угодий; копию карты-схемы (части карты-схемы) соответствующих рыболовных угодий с нанесенными границами в масштабе 1:50 000; биолого-экономическое обоснование или рыбоводно-биологическое обоснование, имеющее положительное заключение государственной экологической экспертизы (в случае заключения договора аренды на новый срок).

В биолого-экономическом обосновании указываются тип, категория или класс, наименование, площадь, глубина рыболовных угодий, которые планируется арендовать, виды рыбы, обитающей в рыболовных угодьях, лимиты вылова рыбы, рассчитанные в соответствии с нормативами допустимого вылова рыбы, квоты вылова рыбы, орудия и способы рыболовства, которые можно применять при ведении рыболовства, количество орудий рыболовства, количество лиц, которые будут осуществлять промысловое рыболовство и охрану рыболовных угодий, а также расчет планируемых затрат на ведение рыболовного хозяйства в рыболовных угодьях, выручки и рентабельности этой деятельности.

Местный Совет депутатов принимает решение о предоставлении рыболовных угодий в аренду либо мотивированное решение об отказе в предоставлении рыболовных угодий в аренду в месячный срок со дня внесения соответствующего проекта решения местным исполнительным и распорядительным органом, за исключением случая проведения торгов. На основании решения местного Совета депутатов соответствующий местный исполнительный и распорядительный орган в десятидневный срок со дня принятия решения заключает с юридическим лицом договор аренды рыболовных угодий.

Промысловое рыболовство осуществляется арендаторами (пользователями) рыболовных угодий в соответствии с установленными квотами на вылов рыбы. В рыболовных угодьях разрешается промысловое рыболовство всех видов рыбы. В случае вылова рыбы, миног, раков и креветок, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, они должны быть выпущены в рыболовные угодья в живом виде, а факты их вылова и выпуска должны быть отмечены в тонеовом журнале.

Правовое регулирование в области охраны естественных рыбных ресурсов.

В соответствии с Законом о животном мире государственное регулирование и управление в области охраны и использования животного мира осуществляют Президент Республики Беларусь, Совет Министров Республики Беларусь, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, местные Советы депутатов, исполнительные и распорядительные органы.

Рыбы, обитающие в естественной (дикой) среде, на территории Республики Беларусь находятся в собственности государства. Рыбы, выловленные из естественной среды, выращиваемые в неволе юриди-

ческими лицами и гражданами, находятся в их собственности. Пользователи объектов рыбоводства и рыболовства в естественной (дикой) среде обязаны планировать, финансировать и своевременно осуществлять профилактические и другие мероприятия по защите диких животных.

Воспроизводство рыб в дикой (естественной) среде обеспечивается путем создания условий для их естественного и искусственного воспроизводства. Создание условий для естественного воспроизводства диких животных обеспечивается:

- установлением ограничений и запретов на пользование объектами животного мира, а также на проведение в местах размножения диких животных работ, оказывающих вредное воздействие на диких животных и места их размножения;

- нормированием в области охраны и использования животного мира;

- проведением биотехнических мероприятий;

- строительством и эксплуатацией сооружений для прохода диких животных через транспортные коммуникации, плотины и иные препятствия на путях их миграции, а также иных защитных сооружений;

- объявлением особо охраняемых природных территорий, а также резервированием территорий, которые планируется объявить особо охраняемыми природными территориями;

- вселением (включая расселение), интродукцией, реинтродукцией, акклиматизацией, скрещиванием диких животных.

В настоящее время в Республике Беларусь еще не внедрены стандарты, установленные для сбросов азотных, фосфорных и органических веществ, однако рыбоводным хозяйствам запрещен сброс отработанных вод в естественные водоемы без фильтрации. Разрешается сливать воду из рыбоводческих хозяйств в городскую канализацию, заплатив сбор за сброс сточных вод.

Оплата за сброс сточных вод приведет к увеличению себестоимости рыбной продукции. На практике это возможно только при высокой степени рециркуляции и, например, при продаже рыбопосадочного материала по высокой стоимости за килограмм.

Очистка сточных вод и сбор твердых частиц имеет перспективы для внедрения в рыбоводные хозяйства и снижения негативного влияния на окружающую среду.

4.3. Состояние рыбоводства Беларуси

В Республике Беларусь получили распространение следующие формы рыбоводства: рыбоводство в прудах; в садках водоемов-охладителей гидроэлектростанций; в бетонных бассейнах с прямоточным водоснабжением; в установках замкнутого водоснабжения (с потреблением свежей воды менее 10 % в сутки); в установках замкнутого водоснабжения (с потреблением свежей воды более 10 % в сутки); рыбоводство в других водных объектах (реки, озера, водохранилища и др.), переданных в аренду.

Основным объектом рыбоводства в Республике Беларусь является карп обыкновенный (*Cyprinus carpio carpio*) – около 85 %. Остальной объем выращивания приходится: на пестрого толстолобика (*Hypophthalmichthys nobilis*); белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*); белого амура (*Stenopharyngodon idella*); пелядь (*Coregonus peled*); радужную форель (*Oncorhynchus mykiss*); африканского сома (*Clarias gariepinus*); судака (*Sander lucioperca*); линя (*Tinca tinca*); бестера (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*); ленского осетра (*Acipenser baeri*); веслоноса (*Polyodon spathula*); стерлядь (*Acipenser ruthenus*); белугу (*Huso huso*); европейского сома (*Silurus glanis*); шуку (*Esox lucius*); серебряного карася (*Carassius auratus gibelio*); золотого карася (*Carassius carassius*); канального сома (*Ictalurus punctatus*). Всего в Республике Беларусь выращено в 2010 г. – 15 214,1 т товарной рыбы, в 2011 г. – 18 125,4 т. В 2015 г. производство рыбы сократилось до 10 480,7 т.

По поручению Президента Республики Беларусь в 2011 г. утверждена Советом Министров Государственная программа развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 гг. Ее приоритетное направление – это внедрение индустриального рыбоводства, или аквакультуры, с применением передовых интенсивных технологий.

В 2016 г. в Беларуси принята Государственная программа развития аграрного бизнеса в Беларуси на 2016–2020 гг., в которой также уделено внимание вопросам рыбохозяйственной деятельности.

На основании этой госпрограммы дальнейшее развитие аквакультуры Беларуси должно осуществляться по трем основным направлениям – это лососеводство, сомоводство и осетроводство.

Для развития холоднолюбивых лососевых рыб были выбраны северные регионы Беларуси, для развития теплолюбивых осетровых и сомовых рыб – более южные.

Всего к 2015 г. планировалось увеличить объем выращивания товарной рыбы до 25 тыс. т, в том числе 3,9 тыс. т ценных видов рыб (лососевые, осетровые, сомовые). К примеру, в 2010 г. ценных видов рыб было выращено всего 100 т. В настоящее время прогнозный показатель 2015 г. перенесен на 2020 г.

4.3.1. Заболевания рыб

Текущий объем производства рыбы настолько мал, что заболевания не имеют широкого распространения. С увеличением объема производства более ценных видов рыб вероятнее всего некоторые заболевания, связанные с разведением этих видов, будут иметь распространение.

Для ветеринаров и самих специалистов рыбоводных хозяйства установлены правила, связанные с практикой ветеринарного (ихтиопатологического) контроля.

Поскольку производство форели находится на начальном этапе, можно предположить, что эффективность практических действий при вспышке заболевания до сих пор не тестировалась.

Рекомендуется внедрять международное сотрудничество между рыбоводными организациями, ветеринарными (ихтиопатологическими) и научно-исследовательскими организациями.

Новые проекты, которые находятся на стадии строительства, должны изменить свои планы, используя знания о новейшем опыте из Дании. На данный момент запланировано несколько строительных проектов, которые подразумевают установку барабанных фильтров для удаления значительной части мелких частиц, что безусловно принесет пользу. Предыдущие эксперименты показывают, что барабанные фильтры также способствуют удалению некоторых видов паразитов.

Одним из самых опасных паразитов для семейства лососевых является *Ichthyophthirius multifiliis*, который приводит к так называемой краснухе. В Дании во время атаки этих паразитов наблюдался очень высокий уровень смертности, как в системе УЗВ, так и в проточных системах. Применение барабанных фильтров снижает смертность. Барабанные фильтры способствуют уничтожению этого паразита, особенно в фазы жизненного цикла, когда они свободно обнаруживаются в воде. Опыт датских ученых свидетельствует о том, что невозможно уничтожить всех паразитов, но возможно значительно сократить их количество. Использование химических веществ для очистки

системы от паразитов также может стать более эффективным, если в водном балансе будет меньше твердых частиц. Разумеется, это повлияет на бактериологические процессы, воздействующие на рыб.

4.3.2. Текущее состояние, планы развития И сдерживающие факторы

Интерес Беларуси к концепции датской модели растет. Структура модели является основой для многих новых ферм, которые построены согласно Государственной программе развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 гг. Строящиеся модельные фермы принадлежат к одному типу. Планируется сбор твердых частиц и обработка технологической воды. Пять ферм, которые уже построены и введены в эксплуатацию, имеют некоторые недостатки, которые следует исправить для обеспечения эффективного производства и значительного снижения нагрузки по биогенным веществам. Нами были предложены два проекта УЗВ, в которых будет эффективно выращиваться радужная форель в условиях Беларуси (прил. 3 и 4).

Предложения по улучшению функционирования действующих новых комплексов Беларуси также представлены в прил. 5.

Захват и удаление твердых частиц является самым важным моментом для хорошей и непрерывной работы рыбоводного промышленного комплекса. Сбор твердых веществ значительно сокращает фосфорные отходы на предприятии и в то же время позволяет перерабатывать фосфор в удобрение.

Главной целью рыбоводных промышленных комплексов является производство форели с минимальным воздействием на окружающую среду. С помощью технологии рециркуляции производство рыбы может выйти на более экологически эффективный и прибыльный уровень по сравнению с обычным способом выращивания на фермах или в садках.

Дополнительная очистка воды может быть произведена с помощью растительных отстойников или в водно-болотных угодьях.

Грунтовые воды должны быть основным источником воды для рыбоводных промышленных комплексов, использующих технологию рециркуляции. Температуры можно регулировать, снижая высокие температуры и повышая низкие. Контролировать заболевания станет легче. Использовать грунтовые воды в рыбном хозяйстве можно без разрешения.

Качество грунтовых вод зависит от региона. В 70 % скважин было обнаружено содержание железа 0,3 мг/л, что считается предельным уровнем для обработки воды. Для удаления железа из воды требуется фильтрация. В зависимости от других параметров качества воды способ обработки обычно может включать аэрацию, фильтрацию или ионный обмен.

Скважины, как правило, имеют глубину 100–150 м. Глубина некоторых скважин намного меньше. Самые глубокие скважины имели глубину 300–400 м.

В некоторых районах в результате деятельности промышленности обнаружено загрязнение грунтовых вод, промышленные отходы, тяжелые металлы, пестициды, органические соединения – все это было обнаружено в подземных водах. Некоторые скважины закрыты из-за слишком высокого уровня загрязнения. Промышленные зоны, такие как Гомель и Солигорск, являются наиболее загрязненными участками.

4.4. Рынки искусственно выращенной рыбы

4.4.1. Импорт и экспорт искусственно выращенной рыбы

Общий объем импорта всех видов рыбы в Беларуси составляет 160–180 тыс. т в год.

Отечественное производство составляет менее 9 % от общего спроса. Таким образом, большая часть потребления рыбы в стране удовлетворяется за счет импорта. Согласно данным ФАО, дальнейшему увеличению объема продаж рыбы, культивируемых в пресных водах, препятствует ограниченный спрос со стороны населения и насыщение рынка с морепродуктами.

4.4.2. Переработка и профиль продукта

Не достаточно развитая переработка рыбной продукции признается одним из факторов, которые сдерживают развитие рыбной отрасли в стране.

В отчете Международной финансовой корпорации мирового банка отмечается следующее: «Белорусские стандарты безопасности продуктов питания, нормы, системы контроля безопасности продуктов питания устарели и ограничивают белорусский экспортный потенциал и

инвестиционные возможности. Если довести белорусские стандарты до уровня международных стандартов безопасности продуктов питания и стандартов качества, белорусская пищевая промышленность может увеличить экспортную долю. Например, если белорусские продукты будут соответствовать европейским требованиям к безопасности продуктов питания, страна может получить доступ к рынку ЕС, т. е. к 500 миллионам потребителей, что способствует росту белорусской торговли и экономическому развитию страны».

4.5. Конкурентоспособность цен

4.5.1. Стоимость продукции

Поскольку рынок свежей рыбы не развит, необходимо начать с подготовки рыбы для рынка, как это обычно делается в Дании и Финляндии. Рыба должна быть выпотрошена, обрезана и очищена. Она должна упаковываться в изолированные коробки, покрытые льдом, в таком случае транспортные услуги будут дешевле при расчете на килограмм продукции, чем при перевозке живой рыбы. Рыбоводные организации должны быть оснащены помещением с моечным оборудованием, машиной по производству льда, оборудованием для упаковки в изолированные коробки и холодильной камерой, соответствующими санитарными правилами.

4.6. Предпосылки для развития образцовых хозяйств датского типа в Беларуси

4.6.1. Требования, разрешение, авторизация образцовых хозяйств датского типа (на примере Дании)

Актом № 130 от 8 февраля 2012 г. в Дании было изменено законодательство, регулирующее строительство датских образцовых хозяйств.

Основным различием между действующим и предыдущим законодательством является то, что можно будет регулировать производительность хозяйств на основе контроля выбросов, а не на основе максимального годового объема корма, как раньше.

4.6.2. Общий SWOT-анализ «Окружающая среда / аквакультура»

SWOT-анализ демонстрирует (см. табл. 3.5) преимущества и недостатки для рыбовода и окружающей среды при организации хозяйства в соответствии с концепцией образцового рыбоводческого хозяйства. Необходимо отметить, что сравнение основано на предположении, что образцовое хозяйство выбрано вместо рыбоводческого хозяйства открытого проточного типа.

4.6.3. Потребность в земле (на примере Дании)

Если принято решение использовать растительные лагуны для очистки сточных вод, необходимо учитывать следующие критерии, взятые из датского законодательства о ведении рыбоводческого хозяйства из акта № 130 от 8 февраля 2012 г.:

- речная лагуна должна быть построена как русло реки;
- гидравлическая нагрузка не должна превышать $0,021 \text{ л/с/м}^2$ лагуны;
- глубина лагун должна быть максимум 0,9 м, поверхность лагуны должна быть $40 \text{ м}^2/\text{т}$ корма в год;
- время задержки воды в растительной лагуне должно быть более 36 часов.

4.6.4. Энергетические требования (на примере Дании)

В зависимости от структуры и производства должны быть определены размеры главного дизель-генератора.

На поддерживаемый проект, связанный с рыбоводческим хозяйством, среднее потребление энергии составляет 1,7 кВт на 1 кг произведенной рыбы, но за счет оптимизации процессов появилась возможность сократить потребление энергии до 1–1,3 кВт на 1 кг произведенной рыбы.

Основным фактором, который снижает потребление энергии, является разделение транспортировки воды и аэрации (дегазации) воды.

4.6.5. Качество воды (на примере Дании)

Как правило, скважины или артезианские скважины используются в качестве источника водоснабжения для замкнутых систем рыбовод-

ческого хозяйства. Средняя глубина датских скважин составляет примерно 40 м.

В Беларуси глубина скважины может достигать 100 м, может быть и более, обеспечивая в некоторых случаях давление воды, достаточное, чтобы добыть ее без откачки. Качество воды соответствует нормам за исключением концентрации железа, которая может достигать 3–8 мг/л. В этом случае необходимо построить станции, которые будут очищать воду от железа.

4.6.6. Количество воды (на примере Дании)

Первоначальное законодательство о датских образцовых рыболовецких хозяйствах ранее базировалось на технических требованиях, изложенных в табл. 3.3.

Большинство образцовых хозяйств в Дании построено по модели 1, но эта структура хозяйства не считается УЗВ-системой. Акт № 130 от 8 февраля 2012 г. вызвал интерес к структуре хозяйств со значительно увеличенной рециркуляцией, чем достигнутый уровень в структуре хозяйства по модели 1. Поэтому в настоящее время почти все перестроенные хозяйства в Дании выполнены по модели 3.

Основным различием между хозяйствами модели 1 и модели 3 является степень рециркуляции, которая значительно выше в хозяйствах модели 3 по сравнению с хозяйствами модели 1; из-за этого в хозяйствах модели 3 есть требования к биологическому фильтру, чего нет в случае модели 1.

Все хозяйства, участвующие в проекте, поддерживаемом обществом (8 хозяйств), принадлежат к модели 3.

Следует отметить, что некоторые хозяйства модели 3 сокращают использование пресной воды. Таким образом, некоторые хозяйства сократили использование пресной воды до 7,5–10 л/с/100 т (600–900 л на 1 кг рыбы).

В связи с тем что за последнее десятилетие в Дании не появилось ни одно хозяйство модели 2, а акт № 130 от 8 февраля 2012 г. привлек интерес к модели с более высоким уровнем рециркуляции, хозяйства моделей 1 и 2 в дальнейшем в настоящей главе рассматриваться не будут.

4.6.7. Подходящий климат для рыбоводства в холодной воде

Система земледелия в основном должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить оптимальное качество воды для конкретных видов, подлежащих разведению на объекте.

Оптимальные параметры качества воды различаются в зависимости от вида рыбы. Например, для лососевых нужна оптимальная температура около 15 °С, а осетровым необходимо обычно выше 20 °С. Также следует учитывать другие различия к требованиям оптимального качества воды для каждого вида.

Оптимальное качество воды для лососевых зависит от температуры воды, рН и уровня кислорода. Диапазон приемлемых характеристик воды для разведения лососевых: температура воды – ниже 20 °С, рН – между 6,5–7,5, циркуляция уровня кислорода – выше 70 %.

4.7. Описание стандартной образцовой форелевой датской системы для внедрения в аквакультуру Беларуси

4.7.1. Общее описание

Система основана на комплексе, состоящем из 15 параллельно соединенных бассейнов с размерами 14 × 2,5 × 1,2–1,35 м в соответствии с объемом каждого бассейна примерно в 45 м³.

Конструкция снабжена возможностью механического удаления частиц через барабанный фильтр с покрытием около 40 мкм. Вода с осадком из барабанного фильтра попадает в илоуплотнитель, состоящий из трех иловых конусов, эти конусы должны регулярно опорожняться.

После барабанного фильтра вода попадает к движущимся биофильтрам с общим объемом приблизительно 155 м³ при 60%-ном заполнении биоагрузки. Полный объем биоагрузки равен примерно 92 м³, что соответствует поверхности, равной приблизительно 67,160 м². Согласно датскому законодательству, эта площадь поверхности соответствует 168 т годового использования кормов.

После того как вода вышла из биофильтра, она попадает в центральную зону аэрации, предназначенную для стабилизации общего давления газа в системе и в то же время для сохранения уровня насыщения кислородом около 85 % всего потока воды.

После зоны аэрации вода прокачивается либо через две платформы насыщения кислородом, либо первичным насосом в канал подачи для распределения между 15 бассейнами.

Более подробное описание структуры системы приведено в прил. 3.

Переработка ила повлечет за собой расходы на установку системы контроля и управления.

В Беларуси построены или строятся оба типа хозяйств параллельных бассейнов и серийных бассейнов.

В последние годы в Дании наблюдается растущий интерес к конструкциям с меньшим параллельным соединением бассейнов. Такая конструкция является гораздо более гибкой и безопасной по сравнению с серийными бассейнами. Но инвестиционные затраты в любом случае гораздо выше.

Чтобы производственная система стала более гибкой, появилась тенденция движения в сторону системы, основанной на строительстве круглых или параллельных бассейнов. С параллельными бассейнами проще работать, они более безопасны, в то же время они очень подходят для условий Беларуси.

При предложенном варианте дизайна, основанном на параллельных бассейнах, необходимая площадь участка составит приблизительно 2 500 м², на данном земельном участке можно разбивать лагуны и строить дороги.

Самая используемая система водоочистки больше всего подходит для использования в грунтовых водах, но также может быть построена для использования воды непосредственно из реки.

4.7.2. Оценка стоимости. Инвестиции

В большинстве мест (где рыбное хозяйство является новым видом деятельности и основные предпосылки отсутствуют) необходимо учитывать влияние очистки и упаковки рыбы до конечных инвестиционных затрат. Для развития рынка свежей рыбы нужно подготавливать продукцию для такого рынка. Рыбу нужно выпотрошить, обрезать и очистить. Она должна упаковываться в изолированные коробки, покрытые льдом, в таком случае транспортные затраты будут меньше, чем при транспортировке живой рыбы. Также в магазинах дешевле обработка и проще установить холодовую цепь между фермой и потребителем. Это все инвестиции в предварительную обработку (забой и подготовка рыбы). Завод должен

быть оснащен гигиеническими поверхностями и моечным оборудованием, машиной по производству льда. Необходимо помещение для изолированных боксов и охлажденная камера для хранения, по крайней мере, на один день производства. Минимальный размер рабочего пространства составляет 60 м², этого должно быть достаточно при дневном объеме обработки минимум 3 т рыбы. Холодильные камеры на 6 поддонов – это 10 м², а хранилище без отопления для пенопластовых коробок занимает около 25 м². Также необходим гардероб для работников. Очистка форели означает уменьшение массы на 17 % от общей массы.

Сортировка рыбы в течение вегетационного периода, как правило, необходима, что можно сделать с помощью сортировочной машины. Это означает дополнительные инвестиции, которые нужно внести в список необходимых затрат. С помощью рыбонасоса или рыбоподъемника эту работу можно выполнить без дополнительной рабочей силы. Работа подразумевает визуальный контроль за рыбонасосом, производительностью сортировщика и подгоном рыбы к насосу. Стоимость такой системы составляет около 40–60 тыс. евро.

Также следует рассчитать затраты на обработку отходов. Метод хранения оседающих твердых частиц, собранных с иловых конусов и (или) барабанных фильтров означает потребность в иловом резервуаре. Объем должен быть достаточным для хранения ила в зимний период. Влияние зимнего периода на эту систему будет рассматриваться на основе интенсивности производства в зимний период.

4.7.3. Оценка объемов производства

Предложенная модель развития – это модель 3.

Размеры модуля выбираются с точки зрения практичной многоцелевой структуры с возможностью умножать количество модулей по мере развития хозяйства.

Выбрав модульную систему, можно получить стандартные конструкции для зданий, электричества и возможные комплексы для кормления. Размер модуля также удобен для производства, например, 200 г форели в качестве рыбопосадочного материала для дальнейшего выращивания. Такая конструкция является наиболее подходящей для форели. Осетровые и европейский сом чувствуют себя лучше в круглых или овальных водоемах. Сома нужно выращивать при более высоких температурах, чем форель.

Подсчитано, что общий объем производства при хорошо развивающейся программе и правильном своевременном потреблении рыбы достигает 150 т в годичном цикле. Для того чтобы использовать рабочую силу наиболее эффективно, разумно увеличить производство в 2–3 раза, увеличив количество модулей. Это также обеспечит непрерывную работу отдела, занимающегося предварительной обработкой рыбы (забой и обработка). Производство 500 т в год соответствует 10 т в неделю, что подразумевает ежедневный убой около 2500 кг за 4 дня.

Обычные конструкции, такие как хранилища, нужно планировать с самого начала таким образом, чтобы они не способствовали дальнейшему расширению. То же самое касается организации движения внутри фермы. Обработка ила и дороги к обработанным площадям с самого начала планируется минимальной.

Инвестиционные затраты не сравниваются между различными конструкциями, потому что производство происходит в определенном объеме и очистка воды одинакова и зависит от ежедневного кормления. Единственной переменной является стоимость строительства системы и увеличивающаяся плотность, зависящая от строительства резервуаров. Круглые или квадратные бассейны могут быть глубже из-за потока. Недостатком глубокого бассейна являются затруднения при обслуживании рыбы, если устройство слишком большое для того количества рыбы, которое идет на убой в течение одной недели.

4.7.4. Окружающая среда

Подсчеты и оценка воздействия окружающей среды могут быть произведены после утверждения структуры хозяйства и определения объема производства.

Отходы образцового хозяйства сходны с отходами традиционного хозяйства и в основном состоят из органических веществ, азота и фосфора.

В приведенной ранее табл. 3.8 представлено сравнение традиционного датского хозяйства и хозяйства модели 3.

Ожидаемое снижение отходов тесно связано с очисткой сточных вод. В табл. 4.1 указаны процентные данные об очищении вод от азота, фосфора и органических веществ (БПК) для восьми интенсивно отслеживаемых типов хозяйств модели 3, которые оказались значительно выше, чем предполагалось.

Таблица 4.1. Процентные данные об очищении вод от азота, фосфора и органических веществ (БПК) для восьми интенсивно отслеживаемых типов хозяйств модели 3

Общее количество N	Общее количество P	БПК
50 %	76 %	93 %

Примечание. Средний процент очистки воды в исследуемых типах хозяйств, организованных по модели 3.

Скорость удаления фосфора и БПК высока, а улучшение показателей их удаления (каждое улучшение в процентах) очень дорого, и его сложно достичь. Основное улучшение темпов сокращения содержания фосфора и БПК должно достигаться путем управления очисткой сточных вод, а не за счет реализации дальнейших технологий.

Для азота ситуация иная, несколько датских проектов в настоящее время ищут возможности использования ила, произведенного в рыбноводческом хозяйстве, в качестве источника углерода путем переработки некоторого объема ила в летучие жирные кислоты, а также использования летучих жирных кислот как «топлива» для денитрификации фильтра.

Этот процесс хорошо известен и широко используется в системе традиционной очистки сточных вод.

Однако при использовании ила в гидролизе некоторые летучие жирные кислоты используются при денитрификации фильтра, поэтому существуют возможности увеличения процента сокращения содержания азота.

Влияние на окружающую среду посредством сбросов химических веществ, не поддающихся биохимическому разложению, должно рассматриваться как минимальное.

Выбросы от образцовых рыбных хозяйств можно рассматривать как полностью разлагающиеся микроорганизмы. Воздействие на экосистемы, в которые осуществляется сброс, прекращается сразу же после завершения сброса.

Риск загрязнения воды сведен к минимуму, так как источником воды является скважина. Основной риск в системе рециркуляции – это формирование токсичных соединений, вызванных накоплением ила в системе, другой риск – это то, что уровень кислорода и рН неустойчивы, что может привести к увеличению заболеваемости, в результате чего повышается смертность.

Риски, упомянутые выше, могут быть сведены к минимуму, если правильно проектировать поставки кислорода и воды, а также внедрить процедуры управления и контроля.

4.8. Заключение

Датская концепция образцового рыбоводческого хозяйства предоставляет возможности для создания рабочих мест и экономической деятельности в сельской местности. Потенциал основан прежде всего на грунтовых водных ресурсах, которые доступны в различных районах страны.

Человеческие ресурсы зависят от систем обучения, которые будут обеспечивать навыки менеджмента, биологические и ветеринарные навыки и давать знания о практических методах рабочего процесса.

Также большую важность представляют технические знания о современной вегетационной системе. Объем обучения должен соотноситься с планами госпрограммы по увеличению производства так называемых ценных видов.

Если датская концепция берется в качестве основы для этой инициативы, международные возможности образования следует рассматривать в качестве альтернативы для поддержки отечественной системы обучения в Беларуси.

Тренинговые курсы, организованные DTU в Хиртшале в Дании – это пример международных образовательных возможностей. Это эффективный способ обновить знания об обрабатываемых технологиях в сфере аквакультуры. Для развития рыбоводства, благоприятного для окружающей среды, в странах Балтийского моря подобные образовательные программы очень важны и во многих отношениях просто необходимы.

Когда в каждой области Беларуси будет полностью достигнут потенциал, это приведет к повышению уровня жизни в целом, предоставив работу для подрядчиков и небольших строительных компаний в регионе.

Увеличение производства поспособствует увеличению рабочих мест непосредственно в рыбных хозяйствах.

Существование рыбной фермы предоставляет возможность бизнеса как для мелкокомасштабных семейных предприятий и больших промышленных предприятий, так и для рыбных ферм. Чтобы начать производство, нужно собрать команду образованных людей.

Чтобы инвестировать в рыбоводстве в технологии рыбного хозяйства по датской модели в Беларуси, очень важно понимать, что бизнес находится на начальном этапе развития.

Развитие бизнеса в настоящее время зависит от государственного планирования. Это оказывает влияние на процентные ставки по кредитам, которые могут стать очень высокими (30 %).

Корм для лососевых импортируется, он будет соответствовать общему уровню. В настоящий момент цена на корм в Беларуси выше, чем в ЕС.

В течение некоторого времени уже работают несколько УЗВ-хозяйств, но, несмотря на это, новые хозяйства до сих пор чувствуют себя первопроходцами, используя концепцию образцового хозяйства, сталкиваясь с проблемами в сфере маркетинга продукта.

В настоящее время цены на корма и электроэнергию немного выше или же такие же, как в ЕС. Зарплаты очень низкие, например, по сравнению с северными странами. На практике скорее всего зарплаты увеличатся, если будут работать люди, обученные системе УЗВ.

Когда бизнес растет и рынок развивается, цены на мальков приходится снижать, поскольку мальков на продажу будут выращивать и в соседних странах, таких как Польша, Литва, Латвия, Россия.

Размер производства должен быть достаточно большим, чтобы снизить себестоимость продукции до допустимого уровня. В противном случае форель останется только деликатесом для торжеств и рынок не будет развиваться. Большие закупки принесут пользу при покупке мальков и корма. Численность занятых может быть оптимизирована. Если выращенная рыба перерабатывается, есть возможность добавить продукту ценность. Иначе материал для переработки будет либо приобретаться за рубежом, либо импортироваться в виде готового продукта.

Инвестиционные затраты без субсидий так высоки, как 1 евро за 1 кг рыбы, которая частично зависит от изолированного покрытия в системе каналов. С другой стороны, покрытие позволяет обеспечить развитие в зимний период. Инфляция настолько высока, что сложно определить объем всех инвестиций таким образом, чтобы цены в течение строительства не росли.

Если семейный бизнес запускается образованным человеком, образцовое хозяйство будет иметь правильный размер, если он готов заботиться о всей продукции самостоятельно или силами членов семьи.

Согласно информации, полученной в ходе наших визитов, себестоимость форели в 2012 г., например, в Богушевском хозяйстве составила 45–50 тыс. бел. руб., примерно 4 евро/кг.

Из-за высоких инвестиций и стоимости энергии, вероятнее всего, себестоимость производства в хозяйствах по типу модели 3 будет расти.

Но даже использование консервативного подхода к бюджету показывает относительно высокий уровень накладных расходов при производстве 100 т форели в год – это 0,19 евро/кг рыбы. Когда достигается уровень производства 150 т рыбы в год, накладные расходы составят 0,59 евро на 1 кг выращенной рыбы.

Применение технологии образцового хозяйства в Беларуси приведет к росту размера хозяйств, что увеличит накладные расходы на 1 кг произведенной рыбы.

В ходе нашего посещения белорусских хозяйств мы обнаружили ряд проблем в различных компонентах хозяйств, поэтому очень важно выработать определенные стандарты разработки проектов хозяйств, которые будут проверены на практике и докажут свою эффективность. Существующие комплексы также должны быть изменены, чтобы соответствовать стандартам.

Применение концепции рыбоводческих хозяйств 3-го модельного типа имеет как преимущества, так и недостатки. Недостатки в основном связаны с более высокой себестоимостью продукта и более высокой степенью риска сбоев в работе оборудования, заболеваний и т. д., но риск можно свести к минимуму, установив генератор с автоматическим запуском или путем организации надлежащего ухода за рыбой.

Главным преимуществом внедрения технологии станет запущенный процесс. По опыту известно, что внедрение этого процесса займет около 2–3 лет, только за это время будет раскрыт весь потенциал новой системы.

Без сомнения, Беларусь обладает огромным потенциалом для реализации современных технологий рыбного хозяйства, но в то же время есть вероятность неудачи. Реализация дополнительных требований – это ключ к будущему успеху, одним из таких требований должно стать обеспечение качественной подготовки кадров для новых рыбоводческих хозяйств, работающих с применением новых технологий.

5. ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КАНАЛЬНОГО ТИПА

5.1. Общие схемы установок замкнутого водоснабжения канального типа

Классические схемы канальных установок замкнутого водоснабжения представлены на рис. 5.1 и 5.2. По таким схемам строится большинство канальных УЗВ.

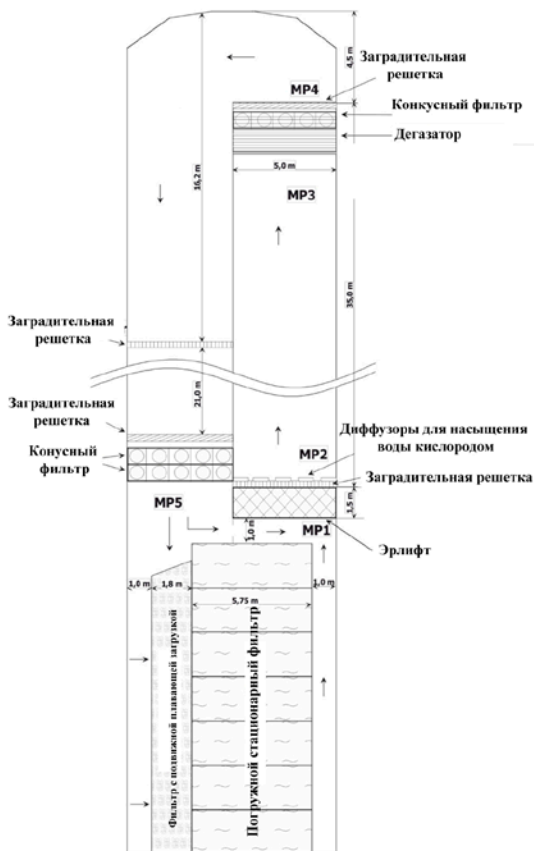


Рис. 5.1. Классическая схема УЗВ канального типа (тип 1)

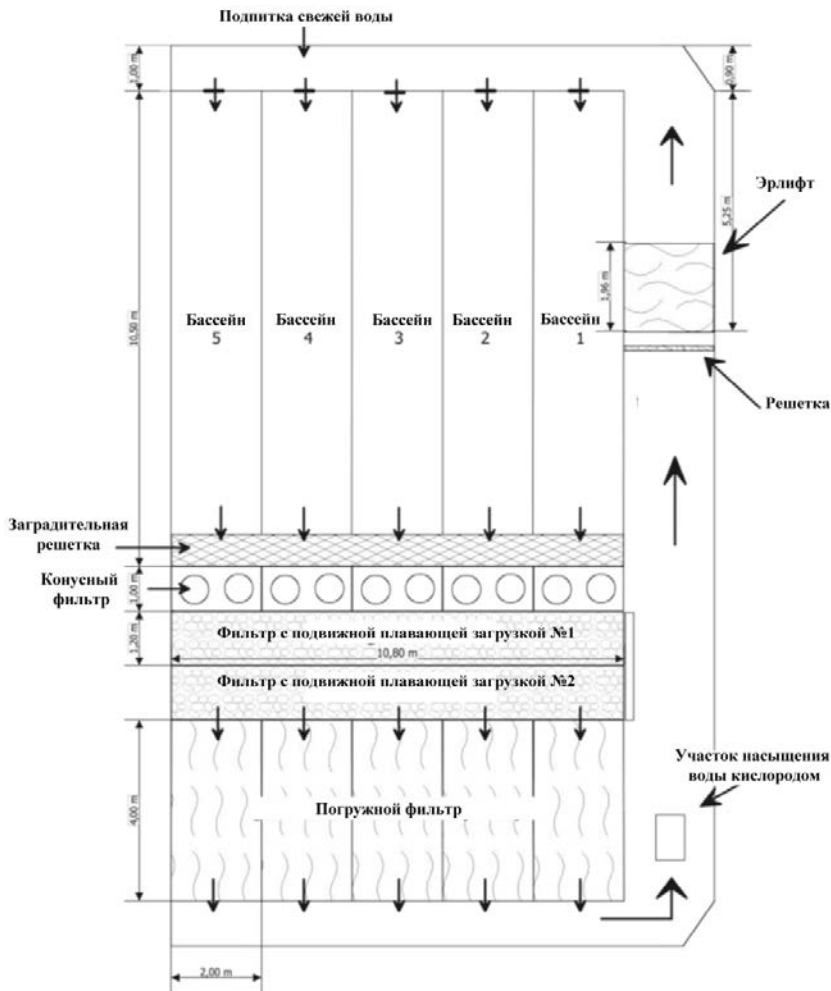


Рис. 5.2. Классическая схема УЗВ канального типа (тип 2)

5.2. Принцип действия канальной установки замкнутого водоснабжения

Секция очистки воды (обработка воды) включает в себя (рис. 5.3): секцию эрлифта;

блок седиментации 1;
блок седиментации 2;
биофильтр 1;
биофильтр 2.

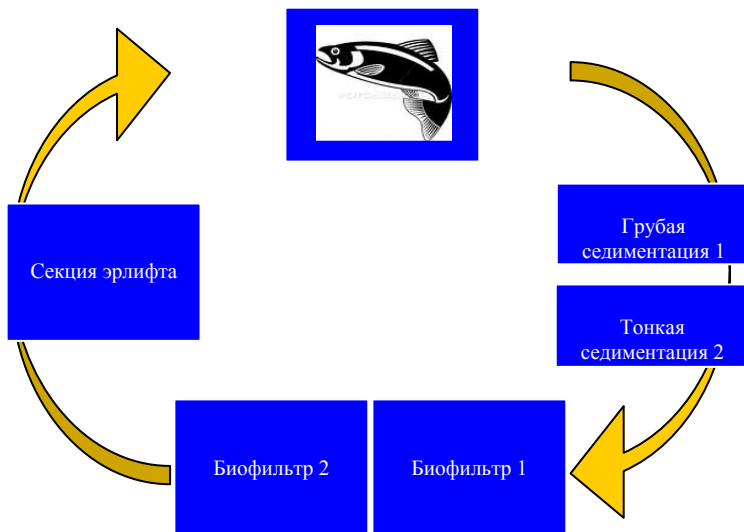


Рис. 5.3. Принцип работы канальной установки замкнутого водоснабжения

Секция эрлифта. Наряду с функцией подачи воды секция эрлифта выполняет в рамках обработки воды и задачи по дегазации и обогащению кислородом из атмосферного воздуха.

Углекислый газ CO_2 . Несмотря на то, что углекислый газ легко растворяется в воде, концентрация его в чистой воде, как правило, относительно низкая. Большая часть содержащегося углекислого газа в производственной воде выделяется при дыхании рыб, только малая часть попадает при диффузии из воздуха. Особенно при высокой плотности посадки в системе высокая концентрация CO_2 может привести к проблемам дыхания со всеми негативными эффектами на общее состояние, прием корма и его переработку. Удаление CO_2 имеет очень большое значение для роста и выживаемости рыб.

На практике частым применяемым методом редуцирования CO_2 является интенсивная аэрация воды. В результате перенасыщения CO_2

диффундирует в воде в воздушные пузырьки или в атмосферу. Точно такой же процесс редуцирования концентрации CO_2 посредством интенсивного перемешивания с атмосферным воздухом (стриппинг) и имеет секция эрлифта.

Кислород O_2 . Одновременно с регулированием перенасыщения определенных газов происходит в секции эрлифта и обогащение атмосферным кислородом. Кислород постоянно расходуется через биомассу и микроорганизмы биофильтра и должен непрерывно пополняться. По причине того, что при аэрации с атмосферным воздухом, поскольку она проходит не под давлением, можно достичь максимального значения 100 % насыщения, можно сказать здесь о базовой аэрации. На практике в секции эрлифта можно достичь обогащения кислородом примерно 90 % насыщения.

Интенсивность дегазации или аэрации находится в сильной зависимости от количества воздуха, мелкости пузырьков и температуры воды. Так как секция эрлифта кроме функций дегазации или аэрации выполняет еще и функцию подачи воды, то здесь нужно определить количество воздуха, которое будет выполнять все функции в достаточном объеме.

Принцип работы эрлифта представлен на рис. 5.4.

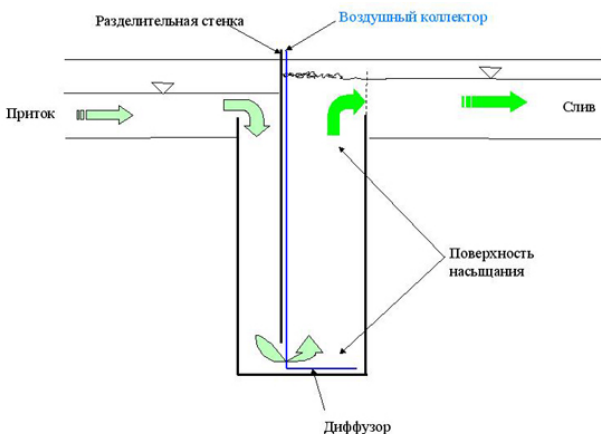


Рис. 5.4. Принцип работы эрлифта

На рис. 5.5 и 5.6 изображена работа эрлифта в действующих рыбноводных хозяйствах.



Рис. 5.5. Работа эрлифта в действующих рыбоводных хозяйствах (пример 1)



Рис. 5.6. Работа эрлифта в действующих рыбоводных хозяйствах (пример 2)

В рыбоводных хозяйствах для избавления от излишков углекислого газа часто используют различные конструкции дегазаторов, представленных на рис. 5.7 и 5.8.



Рис. 5.7. Схема работы дегазатора

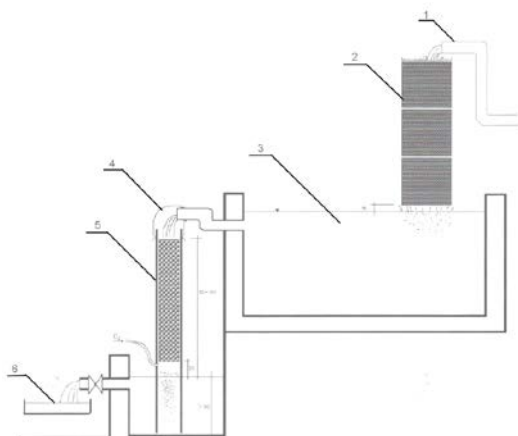


Рис. 5.8. Система дегазации:

1 – слив воды; 2 – кубическая пористая биоагрузка; 3 – бассейн-накопитель для отстаивания воды в течение 30 минут; 4 – крышка из тонкой полиэтиленовой пленки; 5 – труба из ПВХ диаметром 25 см для объема воды 2 л в секунду, заполненная пластиковыми шариками (шарики лежат на сетке на высоте 20 см. Шарика находятся выше уровня воды. Под решеткой осуществляется ввод чистого кислорода); 6 – бассейн с рыбой

Следует отметить, что для удаления излишнего углекислого газа и предотвращения появления «мертвых зон» в воде в некоторых УЗВ Китая используют максимальную аэрацию воды непосредственно в бассейнах (рис. 5.9–5.11).



Рис. 5.9. Максимальная аэрация воды в некоторых УЗВ Китая (пример 1)



Рис. 5.10. Максимальная аэрация воды в некоторых УЗВ Китая (пример 2)



Рис. 5.11. Максимальная аэрация воды в некоторых УЗВ Китая (пример 3)

Седиментация. За эрлифтом расположены модули производства рыбы, которые имеют протяженность до входа в биофильтр примерно 90 м. Во время прохождения через модули производства фекалии,

остатки корма и другие частицы попадают в воду и, как правило, оседают на дне. Посредством течения воды и движения рыб эти твердые частицы подаются в направлении модулей седиментации.

Нерастворяемые вещества, твердые частицы воздействуют на все аспекты внутри установки замкнутого цикла, поэтому и первоочередной задачей по обработке воды в установке замкнутого цикла является по возможности быстрое и полное удаление из воды этих твердых частиц!

Седиментация охватывает частицы величиной от 100 микрон (0,1 мм) и примерно 40–60 % от общего количества твердых частиц.

Программа обработки воды модульной установки предусматривает две ступени седиментации.

Седиментация 1. Монтируется примерно в 40 м от эрлифта в дне бассейна и состоит из одного ряда конических пластмассовых воронок с размерами каждая примерно 1 × 1 м, которые в нижней части объединены в один блок пластмассовой трубой. Через дренажные трубопроводы шлам (водяная смесь) под действием силы тяжести попадает в отводную шахту и оттуда с помощью насоса, управляемого поплавком, перекачивается в шламовую яму.

Конусные отверстия предусмотрены со специальными запорами, которые в рамках периодической чистки открываются вручную. Отверстия имеются в каждой воронке по отдельности, чтобы достичь по возможности большей скорости течения и захватить все отложившиеся на стенках седименты.

На основании того, что седиментация 1 состоит из одного ряда воронок, можно сказать о том, что это грубая седиментация.

Седиментация 2. Устанавливается в 90 м после секции эрлифта и в 50 м после седиментации 1 в дне бассейна и состоит из двух рядов конических пластмассовых воронок с размерами каждая примерно 1 × 1 м, которые в нижней части объединены в один блок пластмассовой трубой. Через дренажные трубопроводы шлам (водяная смесь) под действием силы тяжести попадает в отводную шахту и оттуда с помощью насоса, управляемого поплавком, перекачивается в шламовую яму.

Конусные отверстия предусмотрены со специальными запорами, которые в рамках периодической чистки открываются вручную. Отверстия имеются в каждой воронке по отдельности, чтобы достичь по возможности большей скорости течения и захватить все отложившиеся на стенках седименты.

На основании того, что седиментация 2 состоит из двух рядов воронок, можно сказать о том, что это тонкая седиментация.

Конусный фильтр для седиментации предстален на рисунках рис. 5.12–5.14.



Рис. 5.12. Конусный фильтр для седиментации

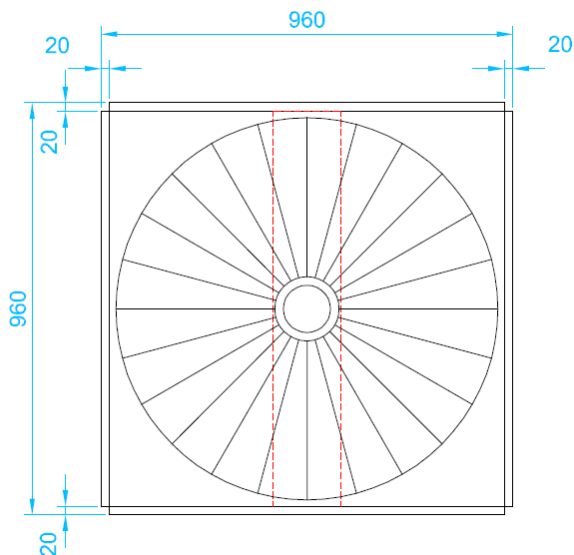


Рис. 5.13. Схема конусного фильтра для седиментации (вид сверху)

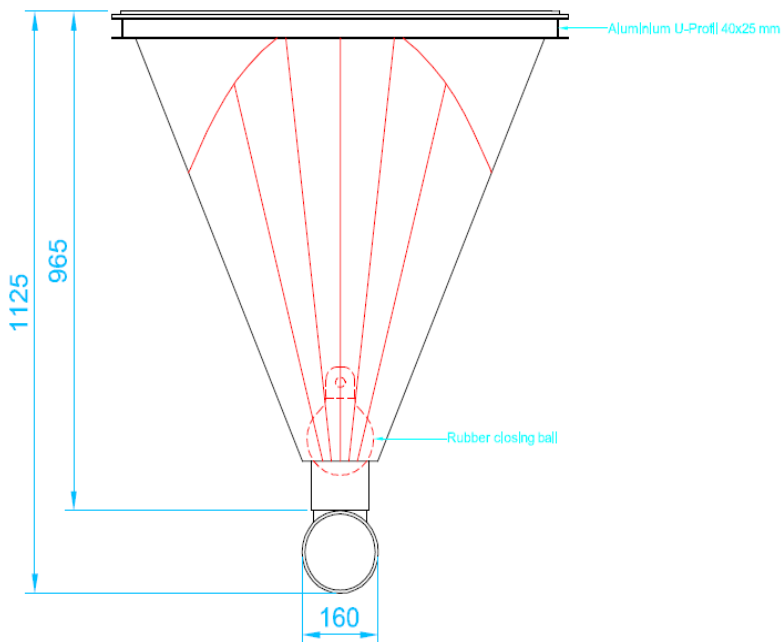


Рис. 5.14. Схема конусного фильтра для седиментации (вид сбоку)

В качестве дополнительной механической фильтрации в настоящее время во многих системах используют механический барабанный фильтр (микрофильтр) (рис. 5.15).



Рис. 5.15. Механический барабанный фильтр (микрофильтр)

Микрофильтр необходим для удаления частиц размером 50–70 микрон и не требует сложного обслуживания (рис. 5.16).

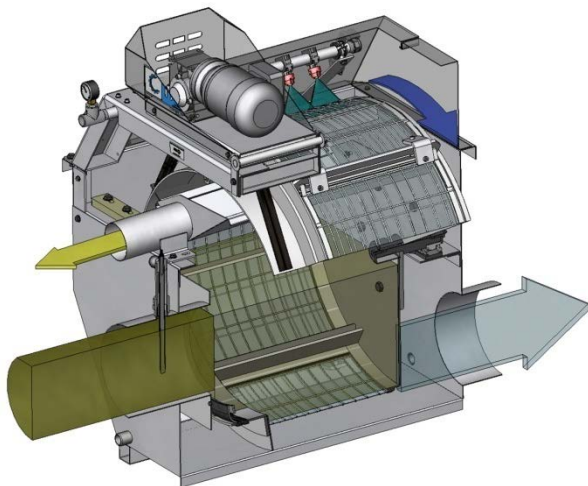


Рис. 5.16. Схема работы микрофильтра

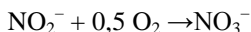
Биофильтр 1. Сконструирован как фильтр с подвижным слоем (намывной фильтр) и служит для биологической очистки воды замкнутого цикла от растворенных составных веществ (рис. 5.17, 5.18).

Как компонент модульной установки биофильтр 1 работает под окислительными условиями (нитрификация) и служит поверхностью для заселения микроорганизмов. Нитрификация в рамках биофилтрации проходит следующие этапы:

Nitrosomonas



Nitrobacter



Конечной ступенью этой реакционной цепи является малотоксичный для рыб нитрат (NO_3^-), концентрация которого регулируется путем подвода свежей воды.

Принцип работы.

Предварительно очищенная вода из седиментации 2 поступает через сито в биофильтр 1 и проходит через секцию и содержащийся в нем биофильтрующий материал. Биофильтрующий материал поддерживается в подвешенном состоянии с помощью отрегулированной аэрации со специальными распылителями. Распылители так смонтированы, что выходное сито биофильтра 1 всегда остается свободным.

Трудоемкость на модуль.

Чистка биофильтра 1, как правило, не проводится.

Определение размеров (объема) этого фильтрующего отдела осуществляется на основании следующих параметров:

количество корма, кг/день;

содержание протеина в корме (аммонийный азот на 1 кг корма);

аммонийный азот (доля распада), г/м²/день;

общая поверхность биофильтрующего материала, м²/м³;

защищенная поверхность биофильтрующего материала, м²/м³;

температура воды, °С;

доля заполнения биофильтра биофильтрующим материалом.

Технические составные части этого фильтрующего отдела:

секция фильтра с подводящим и отводящим ситом;

фильтрующий материал (KALDNES);

диффузионная арматура.



Рис. 5.17. На переднем плане изображен биофильтр с плавающей загрузкой

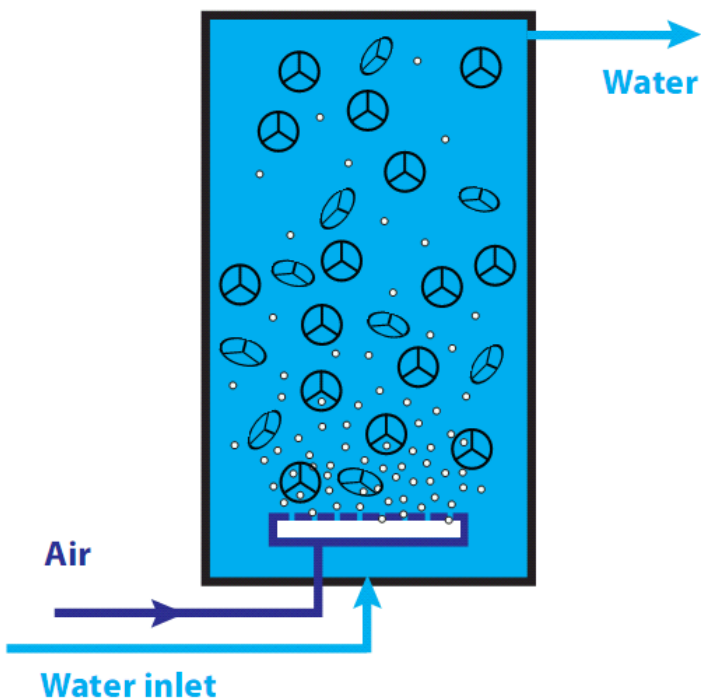


Рис. 5.18. Принцип работы биофильтра с плавающей загрузкой

Биофильтр 2. Сконструирован как фильтр с неподвижным слоем и служит в виде комбинированного фильтра как для биологической очистки воды в замкнутом цикле от растворенных составных частиц, так и для дополнительного механического отделения твердых частиц (рис. 5.19–5.25).

Дополнительно к биологической функции биофильтр 2 служит для дальнейшей тонкой седиментации от твердых частиц.

Принцип работы.

Предварительно очищенная вода из биофильтра 1 попадает через сито в биофильтр 2, проходит через сетчатую конструкцию фильтрующего материала сверху вниз. Во время прохождения через фильтрующий материал микроорганизмами осуществляются вышеназванные реакции. Вода проходит дальше через секцию эрлифта назад в отделения для рыб.

Во время прохода седиментируют твердые частицы, которые не были отделены в тонкой седиментации, в фильтрующей среде и создают предпосылки для того, чтобы отверстия в фильтрующем материале становились меньше и тем самым задерживали мелкие частицы.

Этот процесс ведет к засорению биофильтра 2 без его очистки. В зависимости от доли плавающих частиц в воде требуется регулярная очистка фильтра через определенное время.

Очистка биофильтра 2 осуществляется вручную посредством интенсивной аэрации и применением отводной арматуры. Отведенный шлам (водяная смесь) поступает под действием тяжести, попадает в отводную шахту и оттуда с помощью насоса, управляемого поплавком, перекачивается в шламовую яму.

Трудоемкость на модуль: примерно 15 минут в день.

Основными элементами являются:

7 секций фильтра с подводящими и отводящими ситами, а также с арматурой перелива;

фильтрующий материал;

диффузная арматура;

отводная арматура.

Определение размеров (объема) этого фильтрующего отдела осуществляется на основании следующих параметров:

количество корма, кг/день;

содержание протеина в корме (аммонийный азот) на 1 кг корма;

аммонийный азот (доля распада), г/м²/день;

общая поверхность биофильтрующего материала, м²/м³;

защищенная поверхность биофильтрующего материала, м²/м³;

температура воды, °С;

доля заполнения биофильтра биофильтрующим материалом.

Основные достоинства биофильтров:

очень простой и эффективный способ биологической очистки технологической воды;

простое обслуживание и относительно низкая цена по сравнению с микрофильтрами;

представляют собой прочные конструкции, стойкие к воздействию химических веществ;

такие конструкции могут достигать в высоту 6 м.

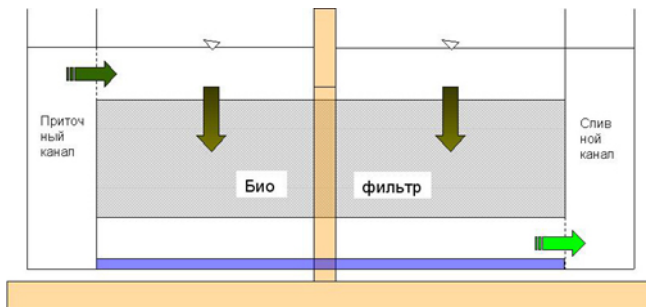


Рис. 5.19. Схема работы классического погружного биофильтра

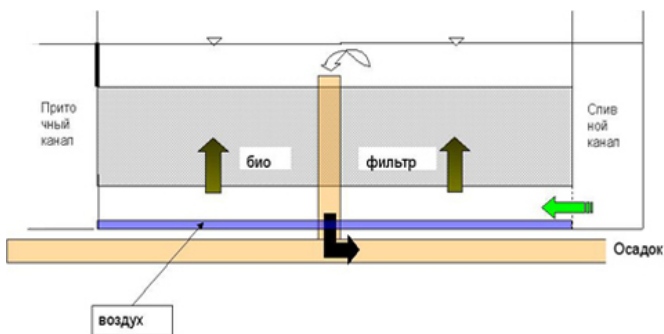


Рис. 5.20. Классический погружной биофильтр (схема очистки)



Рис. 5.21. Классический погружной биофильтр в одном из форелевых рыбоводных хозяйств



Рис. 5.22. Распылители для промывки биофильтра с погружной загрузкой



Рис. 5.23. Распылители для промывки биофильтра с погружной загрузкой с монтированной поверх них сеткой для удержания биоагрузки



Рис. 5.24. Промывка фильтра

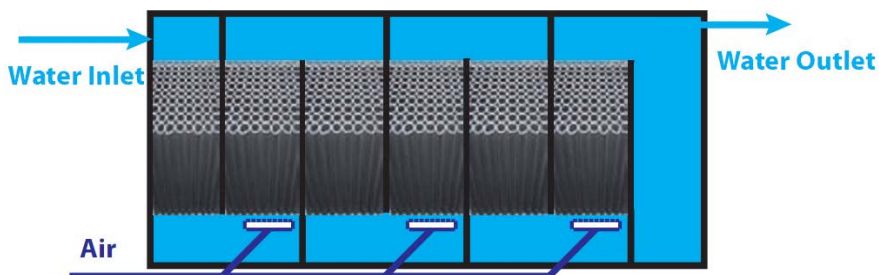


Рис. 5.25. Один из других вариантов погружного биофильтра со статической биозагрузкой

Наполнители (загрузка) для биофильтров.

В классическом биофильтре масса наполнителя должна превышать массу воды. В биофильтре с подвижной загрузкой – наоборот, масса наполнителя не должна превышать массу воды. Отметим, что существующие биофильтры постоянно совершенствуются. Появляются новые материалы, что позволяет производить более эффективные системы очистки воды (табл. 5.1, рис. 5.26).

Таблица 5.1. Плотность популярных наполнителей для биофильтров

Вид наполнителя	г/см ³
Керамические трубки	1,35
Плавающий пластик	0,95
Тонущий пластик	1,05
Спеченный кокс	1,50
Легкий керамзит	0,50
Тяжелый керамзит	1,60



Рис. 5.26. Один из самых лучших на настоящий момент наполнителей для биофильтров RK BioElements

Одним из важных моментов в эксплуатации биофильтров является их запуск (прил. б). С момента запуска биофильтра до начала нормального процесса нитрификации должно пройти определенное время, которое зависит от различных факторов, в первую очередь это температуры и количество азотных веществ, служащих питательными элементами для роста «полезных» для биофильтрации аммонифицирующих, нитрифицирующих и других бактерий. Как правило, период нормального запуска биофильтра составляет около месяца. Этот процесс можно ускорять, используя дополнительную подпитку азотными веществами, заселяя дополнительно колонии бактерий и (или) повышая температуру воды.

Прежде чем биофильтр начнет нормально функционировать, в стартовый период его запуска наблюдаются последовательные всплески концентраций аммония и нитритов до летальных для рыбы значений. Поэтому в период стартового запуска биофильтра не рекомендуется держать в УЗВ рыбу. Допускается осуществлять выдерживание небольшой партии рыбы для ускорения созревания биофильтра, заведомо допуская ее возможную гибель.

Сбор отводимой воды и обработка.

Из седиментации 1 и 2, а также из секции биофильтра 2 регулярно через определенные промежутки времени отводится шлам (водяная смесь):

седиментационная ступень 1 – ежедневно;

седиментационная ступень 2 – ежедневно;

биофильтр 2 – ежедневно.

Общее количество на модуль в день – примерно 40 м³.

Этот шлам (водяная смесь) перекачивается в соответствующую емкость с помощью насоса.

Сливная емкость.

Сливная емкость служит для разделения воды от шлама. Шлам седиментирует, и очищенная от твердых частиц вода отводится в водоприемник или в канализацию. Поток воды внутри емкости должен быть таким, чтобы не создавалось турбуленции, которая уничтожает весь процесс седиментации.

Для технического оснащения сливных емкостей существует ряд возможностей, например:

бетонное исполнение;

эмалированные стальные бассейны;

плenoчное исполнение;

водоемы и др.

В идеальном варианте и для упрощения осушения сливной емкости предусматривается двойное исполнение. Пока бассейн 1 находится в работе, бассейн 2 может быть осушен и очищен.

Определение объема сливной емкости учитывается в зависимости от времени выдержки и частоты чистки.

Рекомендации: 2 бассейна с двойной дневной вместимостью, 4 модуля = $4 \cdot 40 \text{ м}^3/\text{день} = 160 \text{ м}^3/\text{день}$; 2 бассейна каждый объемом 320 м³.

Как правило, достаточно проводить очистку бассейнов 2 раза в год.

Подвод воды останавливается, и посредством перемешивающего устройства или струйного насоса шлам перемешивается. После перемешивания смесь откачивается с помощью вакуумного агрегата и используется, например, как удобрение.

Дальнейшая обработка сбросных вод (опционально).

В зависимости от правовых требований и предписаний осуществляется дальнейшая очистка сбросных вод. Имеется целый ряд способов, из которых отмечаем два варианта:

Вариант 1: барабанный фильтр.

Избыточная вода из сливного бассейна направляется в речку или канализацию через барабанный фильтр, где происходит дальнейшее очищение от твердых частиц. Загрязненная вода отводится обратно в сливной бассейн. Следующие размеры ячеек имеются в распоряжении: 20, 30, 40, ..., 100 микрон.

Проблематичным при этом способе является подвод шлама (воды) партиями в сливной бассейн, который также ведет к поточной нагрузке фильтра, что отражается на производительности очистки.

Для работы фильтра требуется промывочная вода, предпочтительнее водопроводная вода.

Максимальная загрузка воды не должна превышать примерно 50 мг твердых частиц на литр.

Вариант 2: микрофлотация.

При этом новом методе постоянное количество шламовой воды пропускается через реактор и твердые частицы посредством микрофлотационного метода отсасываются с поверхности реактора. Пенная фракция отводится в емкость для шлама.

Пример:

Загрязненная вода – подвод: 750 мг твердых частиц на литр.

Загрязненная вода – отвод: 10 мг твердых частиц на литр.

Шлам (водяную смесь) необходимо постоянно перемешивать, чтобы не происходило осаждения шлама. Для этого требуется перемешивающее устройство.

Реактор необходимо монтировать в здании, чтобы защитить его от мороза.

Также в одном из сиговых хозяйств Финляндии осуществляется использование специального сепаратора для сточной отработанной воды (рис. 5.27, 5.28).

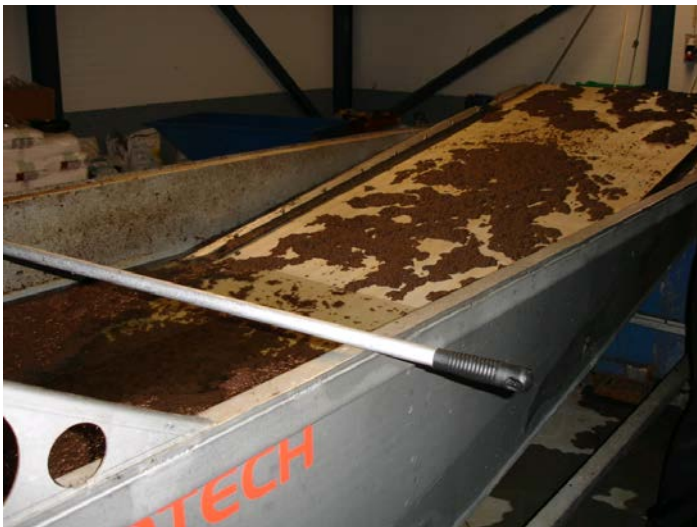


Рис. 5.27. Сепаратор для сточных вод из УЗВ



Рис. 5.28. Условно твердая фракция из сточных вод УЗВ

5.3. Примеры канальных установок замкнутого водоснабжения Дании и Польши

5.3.1. Рыбоводное хозяйство «Халлундбэк» (Hallundbaek)

Рыбоводное хозяйство с замкнутым водоснабжением канального типа с биофильтрами. Годовое производство – 230 т порционной (300–500 г) форели. Состоит из трех независимых секций, каждая из двух каналов (рис. 5.29). Размеры каналов: длина – 25 м, ширина – 5 м и глубина – 1,1 м.



Рис. 5.29. Рыбоводное хозяйство «Халлундбэк» (Hallundbaek)

Циркуляция воды в секции – 300 л/с. Вода приводится в движение эрлифтом глубиной 1,7 м. Для снабжения хозяйства сжатым воздухом используется воздуходувка мощностью 22 кВт. Всего в хозяйстве три воздуходувки, одна работает постоянно, еще одна используется при повышении расхода воздуха и третья – резервная. Есть воздуходувка с дизельным приводом и дизель-генератор. Водоснабжение хозяйства осуществляется водой из ручья, 55 л/с. Температура воды колеблется от 6 °С зимой до 16 °С летом. Биофильтр на каждой из секций состоит из двух частей: фильтра псевдооживленного слоя (пластиковые гранулы) (рис. 5.30) и фильтра с неподвижной загрузкой (на биоблоках) (рис. 5.31). Перед биофильтром установлены конусы для сбора фекалий, которые очищаются каждый второй день.



Рис. 5.30. Биофильтр с псевдооживленным слоем

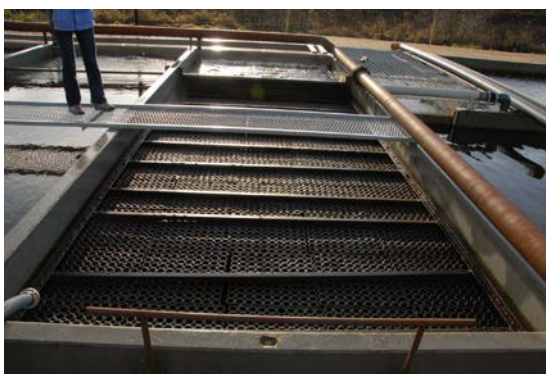


Рис. 5.31. Биофильтр с неподвижной загрузкой

5.3.2. Рыбоводное хозяйство «Хьярню» (Hjärno)

Садковое хозяйство, расположенное в Балтийском море около побережья Дании. Годовое производство – 1000 т крупной (3–4,5 кг) форели. Основная цель производства – икра на ястыках, которая заготавливается на месте мастерами из Японии и поставляется в Японию. Рыба после извлечения икры продается относительно дешево. Используются круглые садки диаметром 12 м и глубиной 4,5 м (мелко). Весной (в апреле) в садки помещают форель массой примерно 900 г, выра-

ценную в пресной воде. В ноябре рыбу массой 3–4,5 кг забивают и отправляют на переработку (рис. 5.32). Для выращивания используют однополую (только самки) популяцию. Кормят кормом Эфико Энваиро 923 (Эколайф 23) производства БиоМар, по максимальной норме кормления. Кормовой коэффициент за период выращивания равен 1,2–1,4. Кормление осуществляют со специальных судов с помощью водяной пушки. Имеется свой забойный цех, в котором производится потрошение рыбы и изъятие икры (рис. 5.33). Переработка сезонная, примерно 1500 т в год. Для забоя садок подтаскивают к берегу, где на судне рыбу забивают и обескровливают. А потом в цистерне с водой привозят на фабрику (несколько сот метров).



Рис. 5.32. Форель после забоя



Рис. 5.33. Ястыки с икрой

5.3.3. Рыбоводное хозяйство «Фундерхулме» (Funderholme)

Рыбоводное хозяйство на замкнутом водоснабжении, находящееся внутри металлического павильона, собранного из профнастила без утепления (рис. 5.34). Годовое производство – 350 т рыбы. Хозяйство состоит из 10 поперечных бассейнов длиной 25 м, шириной 4 м и глубиной 1,3 м. Циркуляция воды в хозяйстве – 1200 л/с. В каждом бассейне установлен продольный диффузор для обеспечения аэрации воды и поперечной циркуляции. Подпитка очень небольшая (примерно 5 л/с). В воду постоянно добавляют известь для поддержания pH на постоянном уровне. Имеется аэрационная колонна на биофильтрах для насыщения воды кислородом (вода подается на колонну турбинными насосами). Биофильтр состоит из фильтра псевдоожиженного слоя и 4 отсеков с керамзитовой загрузкой (толщина слоя керамзита – 75 см). Температура воды колеблется от 7–8 °С зимой до 21 °С летом. В каждый бассейн для выращивания помещают от 1 до 3 т рыбы массой 50 г. Посадка рыбы на выращивание осуществляется партиями, с июля по ноябрь. Рыбу выращивают до массы 350 г (в течение примерно 6 месяцев) или до 1 кг (примерно 8 месяцев). Рыбу сортируют один раз, при реализации. Кормление осуществляется по поедаемости с помощью маятниковых автокормушек, которые наполняются кормом из силосов с помощью шнекового податчика. Стоимость строительства всего модуля составила 400 тыс. евро.



Рис. 5.34. Рыбоводное хозяйство «Фундерхулме» (Funderholme)

5.3.4. Рыбоводное хозяйство «Кархеде Дабруг» (Kaerhede Dambrug)

Владелец хозяйства Кристиан Йоргенсон имеет 10 рыбоводных хозяйств, на которых суммарно используется в год 1300 т корма. В самом хозяйстве «Кархеде Дамбруг» имеется несколько рыбоводных модулей, использующих для работы различные технологии замкнутого водоснабжения: прямоугольные бассейны с внутренней циркуляцией, круглые бассейны с внутренней циркуляцией, прямоточный канал с эрлифтом. Все рыбоводные модули замыкаются на общие очистные сооружения, оборудованные барабанными фильтрами, биофильтрами и оксигенаторами. Общий расход электроэнергии в хозяйстве составляет примерно 500 тыс. кВт·ч в год.

А) Круглые бассейны (рис. 5.35).

В хозяйстве имеются две линии таких бассейнов, у каждой линии – 7 бассейнов из сборного железобетона, с коническим дном, заглубленные в землю, диаметром 8 м и глубиной 3,5 м. Центральный бассейн используется в качестве биофильтра псевдооживленного слоя. С каждого бассейна в биофильтр подается 120 л/с воды для очистки. В центре каждого из рыбоводных бассейнов на глубине 80 см установлен диффузор низкого давления (рис. 5.36), окруженный цилиндрической стенкой с двумя вырезами. Эта конструкция обеспечивает внутреннюю циркуляцию воды в бассейне. На каждую линию бассейнов подается 20 л/с свежей воды (с общих очистных сооружений), кроме того, имеется возможность подачи гипероксигенированной воды с содержанием кислорода 20–30 мг/л. В бассейнах осуществляется выращивание молоди массой от 2 г. В бассейн помещают 2 т рыбы и выращивают до достижения биомассы 11 т. Выращивание занимает 50 дней при среднесуточном приросте 2 % в день. Используются корма ИНИЦИО Плюс (БиоОптимал Старт) и Эфико Энвиرو 920 (Эколайф 20) производства компании «БиоМар».

Среднесуточное потребление кормов на каждой линии (из 6 бассейнов) составляет 480 кг при кормовом коэффициенте 0,75. Рыбу кормят с помощью маятниковых кормушек в течение 4–8 часов в день.

Отвод воды из бассейнов осуществляется из центра со дна с помощью наклонной трубы, выведенной наверх к краю бассейна, в сливное устройство. Труба работает по принципу сифона и обеспечивает удаление из бассейна фекалий, остатков корма и мертвой рыбы.

Подача воздуха осуществляется от низконапорной (80 мБар) вентиляционной воздуховки.



Рис. 5.35. Круглые бассейны рыбоводного хозяйства «Кархеде Дабруг» (Kaerhede Dambrug)



Рис. 5.36. Диффузор низкого давления в центре круглого бассейна

Б) Прямоугольные бассейны с внутренней циркуляцией.

Представляют собой бетонные бассейны длиной 25 м, шириной 6 м и глубиной 1 м, общим объемом 150 м³.

Подача воздуха на диффузоры осуществляется низконапорной вентиляторной воздуходувкой с давлением воздуха 80 мБар и мощностью 7,5–11 кВт. Каждый бассейн разделен вдоль стенкой, которая не доходит до самых краев бассейна.



Рис. 5.37. Прямоугольные бассейны с внутренней циркуляцией



Рис. 5.38. Низконапорный диффузор (во включенном режиме)

С одной стороны бассейна установлен низконапорный (80 мБар) диффузор, обеспечивающий круговое движение воды со скоростью 180 л/с (рис. 5.38, 5.39), с другой – фекальные конусы и решетки на водосбросе.

В каждый бассейн поступает 50 л/с воды с очистных сооружений, и 50 л/с отправляется на очистные сооружения. В каналах бассейна обеспечивается соответственно поток 180 и 230 л/с. Кроме того, имеется возможность подачи в каналы гипероксигенированной воды.

В каналах выращивают рыбу до массы 100–300 г, в течение примерно 60 дней. Биомасса в бассейне составляет 5 т.

Всего в хозяйстве имеется 10 каналов, объединенных общими системами подачи и отвода воды, подачи сжатого воздуха и гипероксигенированной воды.



Рис. 5.39. Низконапорный диффузор (в выключенном режиме)

В) Мальковое хозяйство.

Расположено в нескольких минутах езды от основного хозяйства. Питается водой из ручья – 20 л/с. В хозяйстве осуществляется инкубация икры, перевод молоди на активное питание и подращивание до массы 2–3 г. Ежегодно подращивается около 6 млн. шт. молоди, 6–8 партиями (партия – около 1 млн. икры). Икра закупается у фирм

производителей. Для инкубирования и перехода на активное питание используется только свежая вода, для подращивания – вода, пропущенная через биофильтры.

Инкубирование осуществляется на рамках (рис. 5.40). В каждой – по 15 тыс. шт. икры. Температура воды при инкубации – 8 °С. Отход со стадии глазка (приобретение икры) до перехода на активное питание составляет 5 %. В здании инкубатора подращивают до 1,2 млн. мальков до длины 2–3 см (рис. 5.41). Подращивание занимает 2–3 недели, затем мальков переводят в другое здание. Там их выращивают в течение 6 недель, кормят 20 часов в сутки. Затем переводят в лотки емкостью 2000 л, где круглосуточно кормят. Лотки чистят 1 раз в сутки.



Рис. 5.40. Инкубационные рамки



Рис. 5.41. Лотки для подращивания личинок

5.3.5. Рыбоводное хозяйство «Мункбро» (Munkbro)

Рыбоводное хозяйство, работающее на замкнутом водоснабжении (рис. 5.42), предназначено для выращивания молоди форели. В хозяйстве имеется свой инкубатор и цех для подращивания мальков. Годовое производство – 70 т.

Хозяйство состоит из 16 бетонных каналов длиной 14 м, шириной 2 м и глубиной 1 м, общим объемом 28 м³. Подпитка составляет 25 л/с свежей воды (поступающей из инкубатора и малькового цеха). Система оборотного водоснабжения обеспечивает циркуляцию 300 л воды в секунду.

В хозяйстве нет биофильтра, вода из возвратного канала поступает на барабанный фильтр с размером ячеек 60 мкм, затем на отдувку большой площади (12 м²) (рис. 5.43) и затем на эрлифт глубиной 4 м.

Считается, что отдувка обеспечивает удаление из воды части аммиака, однако в целом хозяйство работает в достаточно напряженном режиме по азоту.

Температура воды в хозяйстве составляет 8–13 °С, в каждом бассейне ежедневно используется 50–70 кг корма. Рыба выращивается до массы 30 г. Выше хозяйства находится инкубатор, который питается водой из скважины (рис. 5.44).

Перед инкубатором вода проходит процедуру удаления железа. Для этого вода пропускается через аэрационную колонну, затем через оксигенатор для достижения насыщения кислородом в 100 %. Затем вода поступает в накопительный бассейн, где окисленное железо выпадает в осадок.

Вода из бассейна поступает на песчано-гравийный фильтр глубиной 1 м, где фильтруется сверху вниз. На дне фильтра уложены пластиковые трубы-диффузоры, над ними – конструкция из кирпичей, затем слой гравия 20 см, слой мелкого гравия 20 см, слой песка 20 см. Фильтр промывается сжатым воздухом методом противотока, как керамзитовый биофильтр (рис. 5.45).

Очистка фильтра занимает 20 минут. В инкубатор закладывается по 800 тыс. шт. икры за неделю до выклева. Выход с инкубации составляет 85–90 %.



Рис. 5.42. Рыбоводное хозяйство «Мункбро» (Munkbro)



Рис. 5.43. Отдувка воды



Рис. 5.44. Инкубатор рыбоводного хозяйства «Мункбро» (Munkbro)



Рис. 5.45. Промыка фильтра сжатым воздухом

5.3.6. Рыбоводное хозяйство «Ню Мюлле» (Ny Molle Dambrug)

Товарное рыбоводное хозяйство, работающее на замкнутом водоснабжении. Годовое производство – 650 т товарной рыбы порционного размера (350–600 г).

Хозяйство состоит из 8 независимых модулей длиной 50 м с прямым и возвратным каналами шириной 5 м и биофильтрами (рис. 5.46). Биофильтр состоит из фильтра псевдооживленного слоя с загрузкой пластиковыми гранулами и неподвижного фильтра с загрузкой тяжелыми (тонущими) пластиковыми гранулами. В каждом модуле имеется 2 эрлифта (по одному в каждом канале). Скорость течения воды в канале составляет 600 л/с. Подпитка хозяйства водой составляет 40 л/с, в том числе 19 л/с – из дренах, проложенных рядом с хозяйством. Вода проходит процедуру удаления железа на специальной колонне (рис. 5.47).



Рис. 5.46. Модуль рыбоводного хозяйства «Ню Мюлле» (Ny Molle Dambrug)

На выращивание сажают форель массой 10–12 г и выращивают ее до массы 350–600 г, что в зависимости от времени года и температуры воды занимает 6–12 месяцев. Используется корм «Эфико Энвиго 920» производства компании «БиоМар», средний кормовой коэффициент

составляет 0,9–0,93. В хозяйстве установлены 5 ротационных воздухо-дувок мощностью 22 кВт и дизельный генератор. Три воздуходувки используются для работы эрлифтов и биофильтров и одна – для промывки фильтров. Еще одна находится в резерве. В каждом модуле установлено по 2 датчика кислорода, информация с которых выводится на прибор и на компьютер оператора. Устройство может подать сигнал тревоги в случае отклонения параметров от заданных и передать этот сигнал на мобильный телефон. В хозяйстве работают 2 человека, стоимость строительства хозяйства с оборудованием составила 1 800 тыс. евро.



Рис. 5.47. Колонна удаления железа

5.3.7. Рыбоводное хозяйство «Ровнинг» (Ravning) компания «Трутекс АпС» (Troutex ApC)

Компания «Трутекс» является производителем оплодотворенной икры радужной форели. На одном из принадлежащих ей хозяйств, «Ровнинг», ежегодно производится 18 млн. шт. оплодотворенной икры, партиями по 2 млн. шт. в месяц с ноября по апрель (рис. 5.48). Имеется возможность (путем регулирования фотопериода) получать икру с июля по сентябрь, при наличии заказов. Оплодотворенная икра

экспортируется во многие страны, в том числе в Финляндию. Цена икры составляет 14 евро за 100 шт. икринок на стадии глазка. Производители содержатся в земляных прудах (рис. 5.49) и в павильоне с постоянным освещением (рис. 5.50). Вода поступает самотеком из ручья. В стальном павильоне с постоянным освещением находятся два канала длиной 20 м, шириной 5 м и глубиной 1,1 м, общим объемом 230 м³ воды. Часть воды (20 л/с) отбирается и пропускается через биофильтр. Имеется аэрационная колонна на биоблоках. В инкубаторе может находиться одновременно до 5 млн. икры. На один лоток подают до 5 л/с чистой воды. При необходимости задержки развития икры воду охлаждают до 2 °С с помощью установки для охлаждения молока. Могут производить как двуполые популяции, так и однополые и триплоидов. Первый нерест самок происходит в возрасте 4 года. Самки используются для нереста 3 раза – в возрасте 4, 5 и 6 лет. Для нереста обычно используются 6-годовые самки и 4-годовые самцы, для однополых популяции – 6-годовые самки и 5-годовые самцы. Для анестезии производителей при нересте используют гвоздичное масло. Потери производителей после нереста составляют примерно 10 %.

Маточное стадо составляет 3000 шт., включая самцов, плодовитость – 2000 шт. икры на 1 кг рыбы. Ведется селекция двух линий – ранне- и поздненерестующих – методом семейной селекции. Выживаемость икры со стадии пигментации глаз составляет 85–95 %. Для дезинфекции в хозяйстве широко используют препараты йодоформа.



Рис. 5.48. Инкубация икры



Рис. 5.49. Земляные пруды для содержания производителей



Рис. 5.50. Павильон с постоянным освещением

5.3.8. Рыбоводное хозяйство «Твилху» (Tvilho)

Рыбоводное хозяйство с замкнутым водоснабжением мощностью 150 т товарной рыбы в год. Выращивается порционная рыба (массой 300–500 г). В хозяйстве имеется свой инкубатор и цех для выращивания молоди на замкнутом водоснабжении. Хозяйство состоит из 4 двойных каналов длиной 45 м, шириной 4 м и глубиной 0,8–0,9 м. Вода приводится в движение с помощью эрлифтов, скорость течения в каналах составляет 480 л/с. В каждом канале находится 8 т рыбы, максимальная нагрузка – до 14 т. Подпитка всех каналов составляет 7 л/с. С каждого канала 160 л воды в секунду отправляется на биофильтры, т. е. 1/3 всей воды отправляется на очистку. Биофильтры глубиной 4 м сделаны на базе биоблоков. В воду добавляют известь для регулирования уровня рН. В цехе подращивания молоди имеется 10 отделанных кафелем бассейнов, которые снабжаются водой с помощью эрлифта мощностью 100 л/с. В каждом бассейне содержится 400 кг рыбы массой 5–6 г. В бассейнах установлены продольные диффузоры для улучшения циркуляции воды. Подпитка составляет 6 л/с. Управление хозяйством осуществляется с помощью программы «БиоСистем» («БиоМар»).

5.3.9. Форелевое маточное хозяйство Dąbie (р-н г. Быгова, Поморское воеводство, Польша)

Первый модуль хозяйства был построен в 2004 г. Всего в системе находятся 130 т биомассы, 3 модуля УЗВ по 1000 м³ воды и 4 модуля, работающих по технологии фотопериода (рис. 5.51).

В 250 м от хозяйства имеется родник, который является основным водисточником. Кроме родника для подпитки других цехов интенсивно используется вода из неглубоких скважин (до 10 м). При необходимости делается более 5 скважин в течение дня. Вода из родника течет по трубе диаметром 250 мм. Вода сначала проходит первый отстойник (рис. 5.52).

Постоянная подпитка свежей воды составляет 25 л/с. Вода сначала отстаивается, потом насыщается кислородом. В родниковой воде много железа и углекислого газа, от которых избавляются оксигенацией и интенсивной аэрацией. После прохождения отстойника вода подается в небольшие бассейны (объем одного бассейна – 12 м³), которых насчитывается около 30 шт. (рис. 5.53). В них в основном находятся

самки различного возраста, которым поменяли пол. В одном бассейне может сидеть до 1 т рыбы.



Рис. 5.51. Рыбоводные модули форелевого маточного хозяйства «Dąbie»



Рис. 5.52. Отстойники для родниковой воды



Рис. 5.53. Бассейны для содержания форели, сменившей пол

Отстоенная свежая вода подается только в первый ближний модуль (рис. 5.54). Далее вода течет последовательно – из одного модуля во второй. Всего таких модулей 3. Каждый модуль обязательно имеет барабанный механический фильтр, биологический фильтр, аэраторы, низконапорные оксигенаторы.



Рис. 5.54. Первый модуль канального типа

Вода в движение приводится эрлифтами. Также непосредственно в канале имеется пропеллерный насос с потреблением электроэнергии около 1 кВт. Плотность посадки младшего ремонтного стада – 25 кг/м³, старшего ремонтного стада – 50 кг/м³, производителей перед нерестом – 40 кг/м³. Температура входящей воды в системе составляет 8 °С, от модуля к модулю она понижается в зимнее время (в последнем модуле температура понижается до 2 °С). В летнее время – наоборот, в последнем повышается до 16 °С. Температура выше 18 °С критична. В планах – строительство навеса. При завозе молоди из другого хозяйства или переводе рыбы из модуля в модуль ей сразу дают антибиотики. Механический фильтр в зимнее время замерзает и поэтому вынимается. Скорость потока воды в каналах составляет 30–40 см/с. Поэтому твердые нерастворенные вещества не успевают осесть в канале, а попадают непосредственно в механический фильтр, откуда они удаляются. В качестве биологической загрузки используют водостойкий керамзит, который специально подготавливают. Керамзит помещается в специальную камеру, создается вакуум, который удаляет весь воздух из пор. Затем подается вода. В результате получается керамзит, который не плавает и не полностью тонет. В течение 10 лет они регулярно подменяли керамзит в биофильтре. Чистку биофильтров осуществляют ежедневно. В дальнейшем планируют отказываться от керамзита в пользу пластиковой загрузки. После прохождения биофильтра первого модуля вода подается на второй модуль. Для циркуляции используют в основном воздуходувки, которые подают воздух на эрлифты (рис. 5.55). Каждая воздуходувка подает 3 м³ воздуха в минуту, что позволяет поднимать воду на 15 см со скоростью 500 л/с. На каждый модуль установлено по одной воздуходувке. Резервной воздуходувки нет.



Рис. 5.55. Эрлифт в процессе работы

Функцию резервной воздуходуки выполняет компрессор, который служит для промывки биофильтров. При необходимости этот компрессор используется как резервный. Система автоматики отсутствует, но стоят датчики контроля за работой воздуходувок.

В хозяйстве имеется 5 линий генераций форели, которые нерестятся с сентября по май в зависимости от линии генерации, и 6 линий, выращиваемых на фотопериоде (т. е. у них смещается нерест за счет использования фотопериода), они нерестятся с июня по август. Каждую линию генерации содержат в отдельном бассейне. Каждую возрастную группу (сеголетка, двухлетка, трехлетка, четырехлетка, пятилетка, шестилетка) содержат отдельно. Самки начинают нереститься со второго года. Икру от первонерестящихся не используют совсем. Такая икра утилизируется. Икру от второго нереста используют только 50 %. Основная икра – это 4-, 5-, 6-й год. После каждого нереста от 25 до 30 % – отход производителей. Рыбу не продают – только утилизируют. Основное стадо самок – 70 тыс. шт. Основное стадо самцов (самки, которые с помощью гормонов были превращены в самцов) – 500 шт. Средняя плодовитость самок составляет 1500 шт/кг.

В каждом модуле, работающем на фотопериоде (рис. 5.56), находится 5 т рыбы. Всего 4 модуля по 2 бассейна в каждом.



Рис. 5.56. Модуль, работающий на фотопериоде

Системой контроля за продолжительностью светового дня (рис. 5.57) регулируются также закаты и рассветы (т. е. в течение получаса загорается или гаснет весь свет).



Рис. 5.57. Система контроля за продолжительностью светового дня

Для лечения и профилактики используют 40%-ный формалин в дозировке 60 г/м^3 . Он очень мягко действует на биологический фильтр.

Для получения диплоидов в корм личинок добавляют тестостерон в дозировке 10 мг/кг сразу при переходе на активное питание. Для получения триплоидов используют оплодотворенную икру, которую подвергают давлению – 700 Бар в течение 45 минут при температуре $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Для дезинфекции инкубационных цехов используют кварцевые лампы.

Кроме канальных УЗВ, для Беларуси перспективными являются также другие варианты УЗВ, приведенные в прил. 7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Avlsprogram for regnbueørred / A. Jokumsen [et al.] // DFU-rapport nr. 162-06. – 2006.
2. B regnballe, F. Opdræt af store regnbueørreder i saltvand / F Bregnballe, A. Jokumsen // Specielt i kølevand. Meddelelse fra Forsøgsdambruget. – 1985. – no. 72. (In Danish).
3. Comparison of macroinvertebrate sampling methods in Europe / N. Friberg [et al.] // *Hydrobiologia*. – Vol. 566. – P. 365–378.
4. Dambrugsbekendtgørelsen. Bekendtgørelse om ferskvandsdambrug. Bekendtgørelse om Ferskvandsdambrug, BEK nr. 1325 af 20/11/2006. Miljø- og Energiministeriet. – 1989. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=12998>.
5. Dambrugsudvalget. Rapport vedr. dambrugserhvervets udviklingsmuligheder. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri [Ministry of Food, Agriculture and Fisheries] – 2002.
6. Dansk Akvakultur. Drift og fiske sygdomme i modeldambrug – Master Management System. – 2008.
7. Dansk Akvakultur. Plan for Grøn Vækst. – 2009.
8. Dansk Akvakultur. Udredning af de kommercielle og tekniske muligheder for at opdrætte ørreder i Fuldt Recirkulerede Akvakulturanlæg (FREAA) – 2007.
9. Environmental Target Act. Law on environmental Targets concerning water resources and international areas of Protection of Nature, 12 pp. Law no. 1150 from 17/12/2003. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=12712>.
10. Fiskeridirektoratets Akvakulturregister. – 2009. <http://fd.fvm.dk/Akvakulturstatistik.aspx?ID=24357>.
11. Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Resultater og konklusioner / C. Fjorback [et al.] // Danmarks Miljøundersøgelser. – 2003. – 272 s.
12. Genetic variation for growth rate, feed conversion efficiency, and disease resistance exists within farmed populations of rainbow trout / M. Henryon [et al.] // *Aquaculture*. – 2002. – Vol. 209, no. 1–4. – P. 59–76.
13. Gjedrem, T. Genetic improvement of cold-water fish species / T. Gjedrem // *Aquaculture Research*. – 2000. – Vol. 31. – P. 25–33.
14. Gjedrem, T. In: Selection and breeding programs in Aquaculture / T. Gjedrem // Ed.: Trygve Gjedrem. – Springer, The Netherlands, 2004. – 364 pp.
15. Jokumsen, A. Udredning vedr. vandforbrug ved produktion af regnbueørreder i danske dambrug / A. Jokumsen // DFU-rapport nr. 106-02. – 2002.
16. Long term/low dose formalin exposure to small-scale recirculation aquaculture systems / L.-F. Pedersen [et al.] // *Aquaculture Engineering*. – 2010. Vol. 42. – P. 1–7.
17. Miljøministeriet [Ministry of the Environment] (2007): Government order no. 1016 (15/8/2007) on environmental quality requirements to water bodies and requirements to discharge of pollutants to water courses, lakes and the sea.
18. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. En ny fremtid for dansk fiskeri og akvakultur. Regeringens og Dansk Folkepartis Handlingsplan. – 2006.
19. Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for måle- og dokumentationsprojekt for modeldambrug "(in Danish)" / L.M. Svendsen [et al.] // DTU Aqua rapport nr.193-08 DTU Aqua, Technical University of Denmark. – 2008.
20. Modeldambrugsbekendtgørelsen. Bekendtgørelse om Modeldambrug, BEK nr 1327 af 20/11/2006. Miljø- og Energiministeriet. – 2002. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=13002>.
21. Omsætning af formalin i danske dambrug / O. Sortkær, L.-F. Pedersen, N. B. Ovesen // Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, 2008. – 126 s.
22. Pedersen, L.-P. Fate of water borne therapeutic agents and associated effects on nitrifying biofilters in recirculating aquaculture systems / L.-P. Pedersen // Dissertation in partly fulfilment of the requirements for obtaining the degree of Doctor of Philosophy, DTU Aqua, Technical University of Denmark – 2009.
23. The fate of chemical additives and antimicrobial agents applied in Danish freshwater fish farms / M.S. Bruun [et al.] // *World Aquaculture*. – 2007. – P. 57–61.
24. Vidensyntese om økologisk fiskeopdræt / A. Jokumsen [et al.] // FØJO rapport nr. 21. – 2006.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Решение возможных проблем при работе на УЗВ

Таблица 1. Проблемы, связанные с ненормальным поведением рыб

Наблюдения	Возможная причина	Возможные варианты решения
1	2	3
Рыбы легковозбудимы / стремительны / плавают ошибочно	Чрезмерный или сильный шум / свет	Уменьшить уровень звука / изолировать бассейн / уменьшить свет
	Паразиты	Протестировать рыбу на симптомы
	Высокое содержание аммиака	Проверить концентрацию аммиака
Кружение / дерганье рыб	Паразиты	Протестировать рыбу на симптомы
Изменение цвета / воспаления	Паразиты / бактерии	Протестировать рыбу на симптомы
Находятся у поверхности воды	Паразиты	Протестировать рыбу на симптомы
	Низкий уровень O ₂	Проверить содержание кислорода в бассейне
	Высокий уровень аммиака или нитрита	Проверить содержание аммиака и нитрита в воде
	Плохой корм	Проверить корм на изменение цвета / слипание и проверить цвет крови у рыб
	Высокое содержание CO ₂	Проверить концентрацию CO ₂
Скученность рыб возле подачи воды в бассейн или возле аэратора	Низкое содержание O ₂	Проверить концентрацию кислорода в бассейне
	Паразиты / болезнь	Протестировать рыбу на симптомы
	Высокий уровень аммиака или нитрита	Проверить содержание аммиака и нитрита в воде
	Плохой корм	Проверить корм на изменение цвета / слипание и проверить цвет крови у рыб
Заглатывание рыбой воздуха у поверхности	Низкое содержание O ₂	Проверить содержание кислорода в бассейне
	Паразиты / болезнь	Протестировать рыбу на симптомы
	Высокий уровень аммиака или нитрита	Проверить содержание аммиака и нитрита в воде
	Высокое содержание CO ₂	Проверить концентрацию CO ₂
	Плохой корм	Проверить корм на изменение цвета / слипание

Окончание табл. 1

1	2	3
Стали меньше есть	Низкое содержание O ₂	Проверить концентрацию кислорода в бассейне
	Паразиты / болезнь	Протестировать рыбу на симптомы
	Высокий уровень аммиака или нитрита	Проверить концентрацию аммиака и нитрита в воде
	Плохой корм	Проверить корм на изменение цвета / слипание и проверить цвет крови у рыб
Перестали есть	Низкое содержание O ₂	Проверить содержание кислорода в бассейне
	Паразиты / болезнь	Протестировать рыбу на симптомы
	Высокий уровень аммиака или нитрита	Проверить содержание аммиака и нитрита в воде
Изменение цвета крови		
Коричневый	Высокое содержание нитрита	Протестировать рыбу на симптомы; добавить 5 мг/л NaCl на каждый 1 мг/л нитрита; купить новый корм, старый корм не использовать
Позрачный (нет крови)	Дефицит витаминов	Протестировать рыбу на симптомы; проверить корм на изменение цвета; купить новый корм, старый корм не использовать
Позвоночник с изломом или в форме буквы S	Дефицит витаминов	Купить новый корм, старый корм не использовать

Таблица 2. Проблемы, связанные с качеством воды

Проблема	Возможные варианты решения проблемы
1	2
Низкая концентрация кислорода (менее 6 мг/л)	Проверить срабатывание аварийной системы подачи кислорода в бассейны
	Увеличить аэрацию воды в бассейне
	Прекратить кормить рыбу, пока не будут устранены причины проблемы
	Включить запасные насосы, чтобы увеличить водообмен в бассейне
	Протестировать рыбу на симптомы наличия паразитов / инфекции

1	2
Высокая концентрация CO ₂ (более 26 мг/л)	В орошаемом фильтре увеличить уровень вентиляции
	Включить резервные насосы, чтобы увеличить водообмен в бассейнах
	Протестировать рыбу на симптомы
Низкий уровень pH воды	Добавить щелочной буфер (натрия бикарбонат (NaHCO ₃), кальция карбонат (CaCO ₃)), можно добавлять и кальция гидроксид (или гашенная известь) (CaO), натрия гидроксид (NaOH)
	Уменьшить количество скармливаемого корма
	Проверить концентрацию общего аммония и нитрита в воде
Высокая концентрация общего аммония (более 0,05 мг/л аммиака)	Заменить воду в системе
	Включить резервные насосы, чтобы увеличить водообмен в биофильтре
	Уменьшить количество скармливаемого корма
	Проверить биофильтр, pH, щелочность, жесткость воды
	Протестировать рыбу на симптомы наличия паразитов / инфекции
	Проверить биопенку биофильтра
	Прочистить погружной биофильтр
Высокий уровень нитритов	Заменить воду в системе
	Включить резервные насосы, чтобы увеличить водообмен в биофильтре
	Уменьшить количество скармливаемого корма или полностью прекратить кормление
	Добавить 5–6 мг/л NaCl на 1 мг/л нитрита
	Проверить биофильтр, pH, щелочность, жесткость воды
	Протестировать рыбу на симптомы наличия паразитов / инфекции
Низкий уровень щелочности (менее 50 мг/л как CaCO ₃)	Добавить щелочной буфер
Низкий уровень жесткости (менее 100 мг/л CaCO ₃)	Добавить кальция карбонат (CaCO ₃) или кальция хлорид (CaCl ₂)

Таблица 3. Проблемы, связанные с недостатком микроэлементов

Недостаток	Проблема
P	Уменьшение прочности костей, замедление роста
Mg	Почечные камни, нарушение координации, высокая смертность
Na	Нарушение функции осморегуляции
Cl	Нарушение функции осморегуляции
Fe	Малокровие, анемия
Zn	Воспаление кожи и плавников, катаракта, замедление скорости роста
Mn	Деформация костей, ненормальное развитие хвостовых плавников, уродливость головы, короткое тело
Cu	Замедление роста
I	Появление зоба
Se	Уменьшение глутатиона пироксидазы, мышечная дегенерация, анемия

Примерный перечень мероприятий по коррекции иммуно-физиологического состояния и повышению выживаемости молоди форели

Наименование мероприятия	Срок исполнения	Ответственные исполнители
1	2	3
<p>Использование с кормом или в виде ванн (обработки) антистрессовых препаратов: Куксовит (500 мг/кг корма) или витамин С (1000 мг/кг корма). Курс кормления – 7–10 дней. Антистрессовая композиция (на 1 м³: 10 г марганцовокислого калия + 10 г хлорной извести + 100 г соли + 50 г питьевой соды). Используется в виде ванн, возможно применение и при перевозках рыбы</p>	<p>Перед сортировкой, пересадкой рыбы</p>	<p>Ихтиопатологи, рыбоводы</p>
<p>Хлористый калий (обработка во время перевозки, концентрация – 11,5 мг/л)</p>	<p>Во время транспортировки</p>	<p>Ихтиопатологи, рыбоводы</p>
<p>Применение тонизирующих ванн: Раствор соли концентрацией 2 % в течение 20 мин или 0,2 % в течение 4–5 ч</p>	<p>Периодически (раз в месяц)</p>	<p>Ихтиопатологи, рыбоводы</p>
<p>Использование иммуностимуляторов и биологически активных препаратов: Витамин С (0,5–2,0 г/кг корма). Курс – 10 дней. Витатон (0,5–1,5 г/кг корма). Курс 30–40 дней. Глюканы (0,1 % к корму). Ридостин – в виде внутривентральных инъекций (1–20 мг/кг массы рыбы) или путем выдерживания рыб в растворе препарата концентрацией 0,5–2 мг/л в течение 30–60 мин. Тиамин (витамин В₁) эффективен при недостатке тиамина в организме личинок. Используется в виде ванн в затемненном цехе, непосредственно в лотках и бассейнах, экспозиция – 30 мин. Процедуру повторяют через 3–5 дней</p>	<p>Рекомендуется проводить 2–3 раза в год</p>	<p>Ихтиопатологи, рыбоводы</p>

1	2	3
<p>Трийодтиронин повышает иммунитет и резистентность к бактериальной инфекции. Применяется с кормом (5 мг/кг корма). Ультрадисперсное железо (УДЖ), 0,4 мг/кг рыбы в день. Курс – 10 дней. Профилактика – ежемесячно в течение всего рыбоводного сезона. При дозе 0,2–0,3 мг/кг рыбы курс кормления продолжается до 20–30 дней. Хитозан применяется с кормом (2,5 г/кг корма). Курс – 7–10 дней</p>	<p>Рекомендуется проводить 2–3 раза в год</p>	<p>Ихтиопатологи, рыбоводы</p>
<p>Для повышения общей резистентности и профилактики заболеваний, сопряженных со стрессом (миксобактериоз, бактериальная геморрагическая септицемия, жаберный некроз, предоперационная подготовка производителей и др.) проводят курс кормления с пробиотиками: Азогилин, $5 \cdot 10^6$ КОЕ/г – 5 % к массе корма (5 дней). Ацидофилин, 0,1–1,0 г/кг (2–3 курса по 10 дней). Субалин, $17 \cdot 10^8$ КОЕ/г 100 доз на 1 т корма (10 дней). Субтилис, 0,35–0,40 г/кг корма (10 дней). Зоонорм, 100–300 доз на 1 кг корма (10–12 дней)</p>	<p>Регулярно в течение года</p>	<p>Ихтиопатологи, рыбоводы</p>

Проектное описание модели 3 рыбоводного хозяйства на основе параллельно соединенных каналов

Данное приложение содержит описание и сравнительный анализ наиболее известного проекта датской канальной модели с использованием конструкции с последовательно соединенными канальными бассейнами и эрлифтами. Данный проект удовлетворяет требованиям датского законодательства.

Конструкция. Система включает в себя 15 параллельно соединенных канальных бассейнов для выращивания рыбы размерами $14 \times 2,5 \times 1,2$ м каждый (рис. 1–14).

Распределение воды осуществляется в открытых каналах, для минимизации потерь гидравлического напора в системе.

Система оснащена механическим барабанным фильтром с размерами ячеек в фильтре около 40 мкм. Вода со шламом из барабанного фильтра поступает к загустителю шлама, содержащего три шламовых конуса. Эти конусы должны регулярно опорожняться.

После барабанного фильтра вода поступает к биологическому фильтру общим объемом около 155 м^3 . Загрузка биологического фильтра составляет 60 % от общего объема биофильтра, соответствует удельной активной площади около $67\,160 \text{ м}^2$. Данная активная площадь соответствует годовому использованию кормов около 168 т.

После того как вода покидает биофильтр, она поступает в центральную зону аэрации, предназначенную для стабилизации общего давления газа в системе, в то же время сохраняя насыщенность кислородом около 85 %.

После зоны аэрации вода распределяется между 15 канальными бассейнами с помощью эрлифта.

Вода и подача кислорода. Для обеспечения рыбы достаточным количеством кислорода при температуре воды $12\text{--}13 \text{ }^\circ\text{C}$ подача кислорода осуществляется посредством первичного насоса и при необходимости платформами с инжектором. Обе платформы с инжектором и первичный насос оснащены преобразователями частоты, так что поток может быть приспособлен к количеству используемого корма и располагаемого запаса.

Максимальный расход для первичного насоса составляет 400 л/с, а максимальный расход через платформы с инжектором – 240 л/с, в результате чего максимальный расход получается 640 л/с с возможным насыщением кислородом порядка 150 %.

Высота подъема первичного насоса составляет около 25–30 см, а для насосов платформ с инжектором высота подъема составляет около 0,9–1,0 м.

Необходимое количество пресной воды для работы системы составляет от 3 до 20 л/с, в зависимости от последовательности обработки и температуры воды. В это количество воды, входит объем, который составляет около 1 л/с для чистки сетки барабанного фильтра.

В периоды с низкой температурой воды менее чем $12\text{--}13 \text{ }^\circ\text{C}$ не будет необходимости в использовании платформ с инжекторами, но они могут быть использованы в пиковой ситуации.

Из соображений возможности очистки и гибкости, каждый биологический фильтр устанавливается в обход, и этот обход будет обеспечивать бесперебойную работу системы во время очистки системы.

Очистка сточных вод. Транспортировка воды от 15 лотковых каналов осуществляется через конический выпускной канал с целью уменьшения потерь гидравлического напора в системе. Вода подается и отбирается из отдельных каналов, закрытых снизу посредством шлюзовых ворот для предотвращения осаждения в лотках и каналах.

Из выпускного канала вода подается на барабанный фильтр, который снабжается фильтровальной тканью с отверстиями-ячейками размером примерно 40 мкм. Барабанный фильтр может быть оснащен регулятором уровня, который при заданном уровне воды в барабане запускает в работу насос высокого давления для очистки фильтровальной ткани.

Очищенная вода от насоса высокого давления (около 1 л/с) подается к загустителю шлама, и основная часть воды подается на биофильтр.

Биологические фильтры разработаны как подвижные насыпные фильтры с общим объемом приблизительно 155 м³ на уровне заполнения 60 %. Емкость может быть рассчитана на примерно 168 т корма ≈ 460 кг корма в день.

Практический опыт с аналогичной системой показывает, что можно использовать значительно больше корма на ежедневной основе, но это требует высококачественных кормов и надлежащего управления.

Расчет мощности производится при следующих предположениях: 400 м² активной поверхности фильтра на каждую тонну корма, используемого ежегодно; фильтрующий материал имеет удельную поверхность порядка 730 м²/м³.

После биологического фильтра вода подается в зону аэрации. В дополнение к дегазации, централизованный бассейновый аэратор, как правило, поддерживает уровень СО₂ при 10 мг/л и общее давление газа (TGP) при 100–102 %. В то же время зона аэрации обеспечивает уровень насыщения кислородом около 85 %.

Компоненты.

Наименование оборудования	Назначение	Производительность	Энергопотребление
Первичный насос	Первичный насос	400 л/с, высота подъема – 0,3 м	2,6 кВт
Два насоса для инжекторных платформ	Добавление чистого кислорода в воду до 170 % природного насыщения в 640 л/с	120 л/с, каждая высота подъема – 1,0 м	2 по 1,6 кВт, всего 3,2 кВт
Одно микросито	Удаление частиц и паразитов	Объем – 500 л/с, матерчатый фильтр, 40 мкм	4,5 кВт
Одна воздуходувка CAPSEL	Перемещение и окисление подвижного слоя фильтра	Объем – 780 м ³ воздуха/ч, при 2,5 м глубине	6,9 кВт
Две воздуходувки VENTUR	Для дегазации	Объем – 3000 м ³ воздуха/ч, при 0,8 м глубине	11 кВт

При оценке потребления энергии предполагается, что одна платформа закачки кислорода используется круглый год вместе с первичным насосом.

Общее максимальное потребление энергии	26,6 кВт
Потребление энергии рассматривается как кВт на килограмм произведенной рыбы. Расчет делается на основе ежедневного использования кормов 460 кг; при норме кормового коэффициента (FCR) порядка 0,91 производство будет составлять 505 кг рыбы в день	1,26 кВт/на килограмм произведенной рыбы

Опыт показывает, что потребление энергии будет ниже при нормальных условиях и что потребление энергии менее 1 кВт/на килограмм произведенной рыбы является реалистичным.

Характер инвестиционных затрат на установку.

Подготовка места строительства (подсчеты основаны на датском уровне цен)	
Виды работ и оборудования	Стоимость, евро
Дренаж	25 000
Землеройно-транспортные работы	
Установка источника энергии (подсчеты основаны на датском уровне цен)	
Установка главного предохранителя	50 000
Основной кабель 100 А	
Установка оборудования и главного пульта	
Здания (подсчеты основаны на датском уровне цен)	
Строительство приспособлений для выращивания рыб площадью 1 400 м ²	210 000
Бетонные работы (подсчеты основаны на датском уровне цен)	
Бетонные строительные бассейны, биофильтры, каналы и др.	180 000
Машины	
Два VENTURI вентилятора низкого давления типа HPB 260D, 5,5 кВт. Объем – 1500 м ³ /ч на 0,8 mvs Два WA 3125 поворотных вентилятора 15/18 кВт Один дизельный вентилятор WA 3200 og, один дизельный двигатель Две мешалки 1,5 кВт RW 300 15/6 Один гидротехнический барабанный фильтр с 40 µm оболочкой Два Grundfos насоса для опрыскивания Один иловый насос для барабанного фильтра Один невод Один LM насос PR400/500 с мотором 400 л/с при 1 mvh Две платформы кислородных инжекторов с насосами 120 л/с	150 000
Оборудование	
15 алюминиевых решеток воздухозаборника 15 алюминиевых решеток выпуска Рамки и детали для установки решеток	155 000

Разделительные решетки для перемещения насыпных фильтров Рамки и детали для разделительных решеток 3 иловых конуса Помосты 15 автоматов для кормления 15 установок для автоматов для кормления Диффузные рамки и рассеиватели для дегазации воды Рамки и детали для биофильтров Трубы для обеспечения дегазированных областей Зажимы, скобы и арматура Рамки и детали для обводных труб биофильтров 100 м ³ биоэлементов	
Монтаж	
Наладка клапанов труб при подключении с монтажом Монтаж в течение 1 недели под датским наблюдением Транспортные расходы на транспортировку двух 40 НС контейнеров с оборудованием из Дании в Беларусь	45 000
Консультации, обучение использованию	40 000
Итого ...	855 000



Рис. 2. Основное производственное здание площадью 1300 м²



Рис. 3. Блок выращивания с блоком аэрации и инжекторной платформой на переднем плане



Рис. 4. Одна из двух инжекторных платформ для добавления жидкого кислорода в воду



Рис. 5. Вид системы с южной части здания с биологическим фильтром на переднем плане



Рис. 6. Биологический фильтр с плавающей подвижной загрузкой



Рис. 7. Зона дегазации



Рис. 8. Воздуховки CAPSEL и VENTURI для аэрации и дегазации с производительностью 1500 м³/ч



Рис. 9. Щитовая и резервный генератор. Общее потребление энергии – 20–30 кВт.
Основная плата и резервный генератор, общее потребление энергии – 20–30 кВт



Рис. 10. Барабанный механический микрофильтр Нудротех с ячейей сетки 40 мкм



Рис. 11. Барабанный механический микрофильтр Нудротех с ячейей сетки 40 мкм



Рис. 12. Конусы для осаждения воды из механического фильтра



Рис. 13. Канальный бассейн с 3,5 т рыбы



Рис. 14. Дегазатор, оснащенный воздуховкой VENTUR и системами трубопроводов

Стандартный модуль для выращивания лососевых рыб

Конструкция. Система основана на бассейнах с циркулирующим потоком воды (рис. 1–9) и состоит из двух резервуаров объемом каждый примерно 290 м³. К двум бассейнам дополнительно устанавливается биофильтр с подвижным слоем. Необходимо отметить, что план расположения легко изменяется на другой размер резервуара и размер биологического фильтра. Каждый бассейн оборудован центральным аэратором, предназначенным для стабилизации общего давления газа в каждой емкости, тем самым сохраняя насыщенность кислорода около 85 % от всего водоема. Каждый аэратор имеет такие размеры, чтобы обеспечивать поток воздуха 1200 м³/ч. Аэратор имеет диаметр около 3,5 м и поддерживает плавучесть с помощью плавающей рамы. Подача атмосферного воздуха осуществляется на глубине 0,7 м с использованием насоса (7,5 кВт). Воздуходувка VENTURI на этой глубине способна подавать около 2500 м³ воздуха в час. В дополнение к дегазации, централизованный аэратор для бассейнов, как правило, поддерживает уровень СО₂ при 8 мг/л и общее давление газов при 100–102 %. В то же время аэратор будет усиливать гидравлическую нагрузку в каждом резервуаре и его способность для самостоятельной очистки.

Вода и подача кислорода. Оборот воды в каждом резервуаре в течение нормальной эксплуатации составляет около 50 л/с, что будет способствовать общему пребыванию воды в резервуарах около 1,5 часа. Чтобы улучшить гибкость в конструкции установок выращивания, насосы разработаны с размерами, обеспечивающими мощность 360 м³/ч для каждого бассейна, что соответствует примерно 100 л/с при требуемой высоте подъема 0,7 м. Проектная мощность насосов может быть использована для подачи и в часы пик. Подача пресной воды на каждую установку, состоящую из двух резервуаров, будет от 7 до 10 л/с (примерно 25–36 м³/ч). Подача воды может быть уменьшена, если это необходимо. Если оборот воды составляет менее 25 % от общего объема в день, то будет необходимо создание бескислородной фильтрации с помощью фильтра с неподвижным материалом. Из соображений возможностей обработки и гибкости, каждый биологический фильтр устанавливается с байпасом с размерами 50 × 60 см, при уровне воды в канале порядка 50 см. С минимальной потерей давления канал сможет провести по байпасу до 125 л/с, что обеспечит бесперебойную работу платформ с инжекторами кислорода. Для обеспечения рыбы достаточным количеством кислорода при температуре воды выше 12–13 °С выполняется основная рециркуляция и включаются две платформы с инжекторами кислорода для добавления чистого кислорода, каждая платформа обладает гидравлической мощностью до 75 л/с. Добавочная производительность по кислороду для каждой платформы будет составлять от 4,5 до 5,0 кг/ч. При расходе воды 50 л/с добавление кислорода в объеме 4,5 кг/ч приведет к увеличению концентрации кислорода до 25 мг О₂/л, при расходе воды 100 л/с концентрация кислорода составит 12,5 мг/л. Общая производительность платформ с инжекторами кислорода составляет 9–10 кг О₂/ч. При использовании производительности порядка 4,5 кг кислорода в час суточная производительность может быть рассчитана примерно на 216 кг О₂/24 часа. Указанные значения преобразовываются в суточное количество корма: примерно 550 кг корма/24 часа. В производственном цикле, который основывается на низкой или средней располагаемой массе, платформы с инжекторами кислорода предполагается использовать только изредка. Это позволяет ограничивать потребление электроэнергии в течение нормального режима эксплуатации.

Очистка сточных вод. Удаление частиц происходит из резервуаров через трубу диаметром 200 мм. Данный размер выбирается с учетом максимального всасывания от центра каждого бассейна. В результате циркулирующего потока в резервуарах фекалии и, возможно, кормовые отходы будут в течение нескольких минут транспортироваться к централизованному барабанному фильтру, где эти частицы удаляются; стремительное удаление фекалий будет уменьшать растворение биогенных веществ из фекалий в воде. Барабанный фильтр оснащается фильтровальной тканью с диаметром ячеек примерно 70 мкм. Барабанный фильтр может быть оснащен регулятором уровня, который при заданном уровне воды в барабане, запускает в работу насос высокого давления для очистки фильтровальной ткани. Биологические фильтры предназначены в качестве фильтров с перемешивающим слоем. Потребление воздуха биофильтров составляет 650 м³/ч. Данное производство является очень интенсивным, при эксплуатации системы с высоким значением биомассы и высокой степенью рециркуляции технологической воды. Более точное вычисление пропускной способности фильтра выполняется с использованием нормы потребления 0,3 г выделяемых NH₃ + NH₄-N на 1 м² активной поверхности биологического субстрата в сутки. Например, при внесении 1 кг корма в день, содержащего 45 % протеина, в воду в среднем будет поступать 38 г NH₃ + NH₄-N. Данное значение зависит также от кормового коэффициента, содержания азота в рыбе, температуры и др. Если УЗВ располагается в помещении, темпы потребления азотных веществ увеличиваются – 0,5 г выделяемых NH₃ + NH₄-N на 1 м² активной поверхности биологического субстрата в сутки. Более высокие усредненные темпы потребления достигаются в основном за счет более стабильных значений температуры и условий окружающей среды. Фильтры с подвижным слоем чувствительны к скорости поступающей воды, подаваемой желобами через решетки. Эта конструкция будет поддерживать скорость поступающей воды, с использованием кальцинированного материала с поперечным сечением потока порядка 50 %, при скорости примерно 5,5 см/с. В табл. 1 представлены результаты расчета потребления электроэнергии для 1 кг корма, используемого при различных режимах питания. Необходимо отметить, что потребление электроэнергии может изменяться в зависимости от температуры воды и размера рыбы. Перечень оборудования стандартного модуля для выращивания лососевых рыб представлен в табл. 2.

Таблица 1. Результаты расчета потребления электроэнергии для 1 кг корма

Показатели	Варианты		
	1	2	3
Максимальное годовое количество корма, кг	92 000	130 000	180 000
Основное потребление электроэнергии, кВт·ч/год	179 400	179 400	179 400
Потребление электроэнергии кВт/кг корма	1,95	1,38	0,99

Примечания. Вариант 1. Максимальное годовое потребление корма рассчитывается с исходными данными в Датском законодательстве, касающемся модели рыбоводческих хозяйств.

Вариант 2. Ежегодное потребление корма рассчитывается с использованием темпов потребления для NH₃ + NH₄-N при 0,3 г/м²/24 часа.

Вариант 3. Ежегодное потребление корма рассчитывается с использованием темпов потребления для NH₃ + NH₄-N при 0,5 г/м²/24 часа.

Таблица 2. Перечень оборудования стандартного модуля для выращивания лососевых рыб

Наименование	Производительность	Энергопотребление одного компонента	Общее потребление электроэнергии	Ожидаемое время эксплуатации	Расчетное годовое потребление электроэнергии
2 насоса для платформ с инжекторами	60–75 л/с	1,5 кВт	3,0 кВт	Непрерывно в течение 6 месяцев/год	12 960 кВт
2 платформы с инжекторами	22–24 л O ₂ /мин	–	–	–	–
1 первичный насос	130–135 л/с	2,5 кВт	–	Непрерывно	21 900 кВт
1 микрофильтр, включая насос высокого давления и шламочный фильтр	175 л/с	3,5 кВт	3,5 кВт	Непрерывно	30 660 кВт
1 воздуходувка VENTURI для аэрации в резервуарах	1500 м ³ воздуха/ч	5,5 кВт	5,5 кВт	Непрерывно	48 180 кВт
1 воздуходувка кругового вращения Aezeneg для биологического фильтра	570 м ³ воздуха/ч	7,5 кВт	7,5 кВт	Непрерывно	65 700 кВт

Примечание. С помощью вычисления предусматривается, что кислородное оборудование используется непрерывно; на основе опыта, это будет только в случае установки в помещениях и при полном использовании производительности установки по выращиванию.

Общее годовое потребление электроэнергии можно рассчитать из вышеуказанных допущений в 179 400 кВт-ч/год первичной эксплуатации.

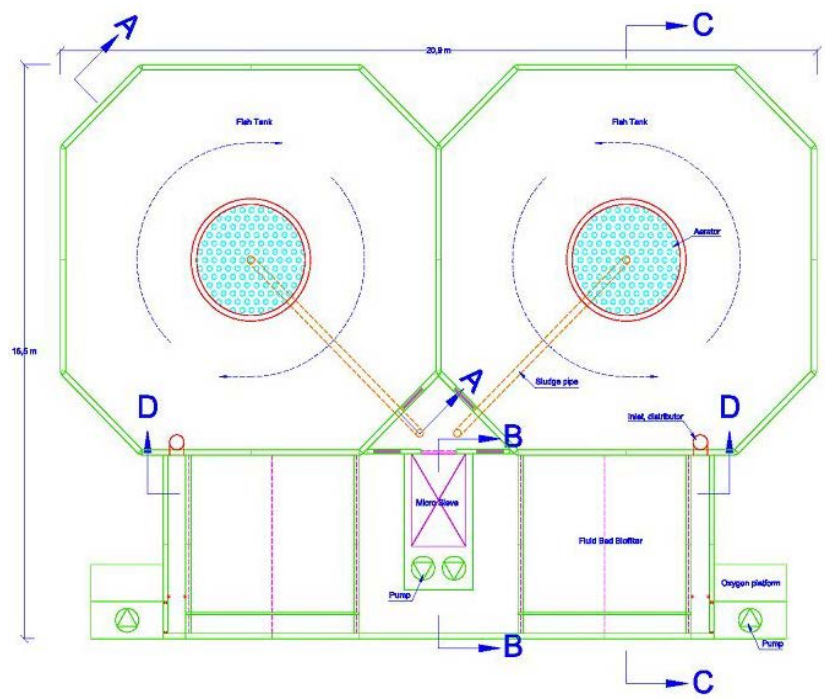


Рис. 1. Общая схема стандартного модуля для выращивания лососевых рыб

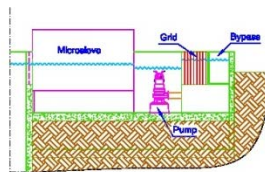
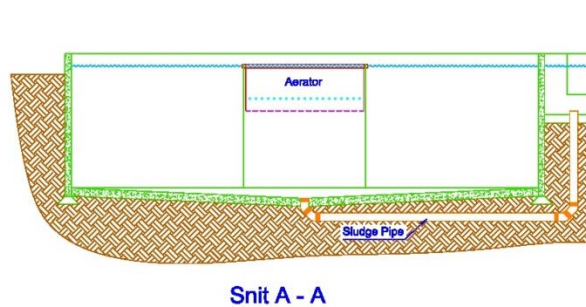
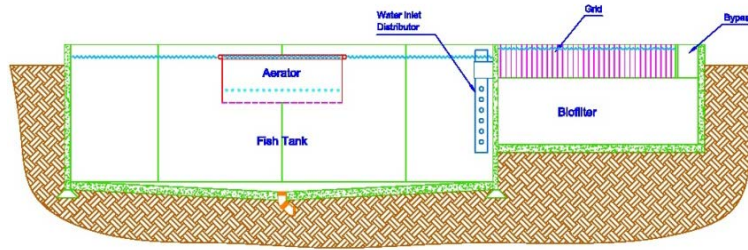
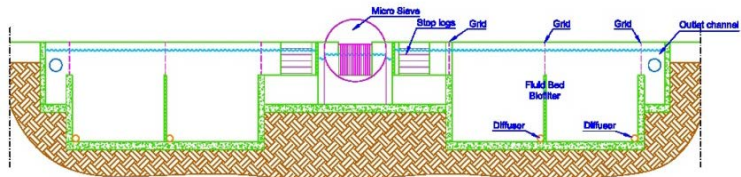


Рис. 2. Схема бассейна в разрезе (сверху). Схема размещения микрофилтра и насосов в разрезе (снизу)



Snit C - C



Snit D - D

Рис. 3. Схема бассейна и биофильтра в разрезе (сверху). Схема биофильтра в разрезе (снизу)



Рис. 4. Общий вид стандартного модуля для выращивания лососевых рыб (Google Earth)



Рис. 5. Бассейн стандартного модуля для выращивания лососевых рыб



Рис. 6. Два насоса для платформ с инжекторами



Рис. 7. Биофильтр и подающий воздух трубопровод



Рис. 8. «Воздушная подушка» в бассейне с рыбой



Рис. 9. Выход воды из биофильтра в бассейн с рыбой

Аналитическая записка по результатам посещения товарных форелевых каналных систем Беларуси

По причине неудовлетворительной скорости воды в каналах и бассейнах с рыбой в них будет наблюдаться осаждение взвешенных веществ. Накопление таких веществ будет приводить к образованию токсичных газов, например сероводорода и метана. Для предотвращения осаждения взвешенных веществ в каналах и бассейнах с рыбой необходимо обеспечить скорость движения воды 40 см/с. В этом случае частичное осаждение взвешенных веществ будет происходить в конусах, специально для этого предназначенных. Предотвращению осаждения взвешенных веществ будет способствовать движение рыбы, плотность посадки которой при скорости движения воды 40 см/с должна составлять 35 кг/м³. При плотности посадки ниже 35 кг/м³ скорость движения воды должна быть увеличена.

Для улучшения процессов насыщения воды кислородом и обязательного удаления токсичного углекислого газа бассейны с рыбой рекомендуется дополнительно оснастить двумя секциями диффузоров площадью по 9,9 м² на глубине 1,8 м. Для дополнительной аэрации рекомендуется использовать воздухоувлрку низкого давления Вентури (VENTURI, 7,5 кВт), подача которой составляет 2400 м³ воздуха в час.

В данной системе, при использовании воздуха в качестве аэрации, оптимальная плотность посадки должна составлять 35 кг/м³. Таким образом, максимальная единовременная биомасса в одной УЗВ будет составлять 20 580 кг.

Рекомендуемые параметры (при температуре 14 °С): водообмен – 400 л/с; концентрация кислорода в воде – 85 % (допустимо кратковременное снижение до 67 %). Рекомендуемые параметры должны быть изменены в зависимости от температуры воды и уровня кормления.

В связи с тем что использование эрлифтов на глубине 2 м является крайне неэффективным (10 % от максимальной эффективности), мы рекомендуем заменить эрлифт на два осевых насоса, подача каждого из которых составляет 150–200 л/с, с контролируемым преобразователем частоты. При необходимой высоте подъема 35 см потребление энергии для двух насосов составит 4,0 кВт. Конусы, установленные в модулях, эффективны для удаления взвешенных частиц размером более 100 мкм, для частиц менее 100 мкм данные конусы неэффективны. В УЗВ, по причине высокой рециркуляции, доля крупных частиц размером более 100 мкм незначительна (не более 10 %), поэтому для удаления взвешенных веществ размером менее 100 мкм рекомендуется установить механический барабанный фильтр с размером сетки 40 мкм. В целях недопущения скопления элементов загрузки на сетках биофильтра рекомендуется осуществить замену металлической сетки на полиэтиленовую односкатной формы. Для распределения гидравлического потока рекомендуется осуществить разбивку погружного биофильтра с кипящим слоем на три секции с отдельной независимой системой подачи воздуха. Наши предварительные расчеты показали, что в биологических фильтрах должны быть выдержаны следующие параметры:

Биофильтр с подвижным слоем

Объем биологической загрузки	26,7 м ³
Поверхность биологической загрузки	19,5 м ²
Удельная площадь поверхности загрузки	730 м ² /м ³

Биофильтр с неподвижным слоем

Объем биологической загрузки	56,3 м ³ /м ³
Поверхность биологической загрузки	41,1 м ² /м ³
Удельная площадь поверхности загрузки	730 м ² /м ³

При температуре воды 14 °С биофильтр с подвижным слоем способен окислить 3,898 г аммония в сутки, биофильтр с неподвижным слоем – 8,227 г аммония в сутки. При использовании комбикормов Aller Bronze 45/15 максимально возможная биомасса в системе составит 14 т, Aller Silver 45/20 – 19 т, Aller Platinum 48/24 – 21 т. При увеличении температуры воды до 18 °С окислительная способность биофильтра повышается.

Для удаления токсичного углекислого газа, который в больших количествах будет выделяться после биологического фильтра, действуя крайне негативно на рыб, рекомендуется после погружного неподвижного биофильтра установить аэраторы для дегазации (дегазатор) общей площадью 20 м².

Предложения по модернизации типовых проектов форелевых УЗВ канального типа приведены на рис. 1–3.

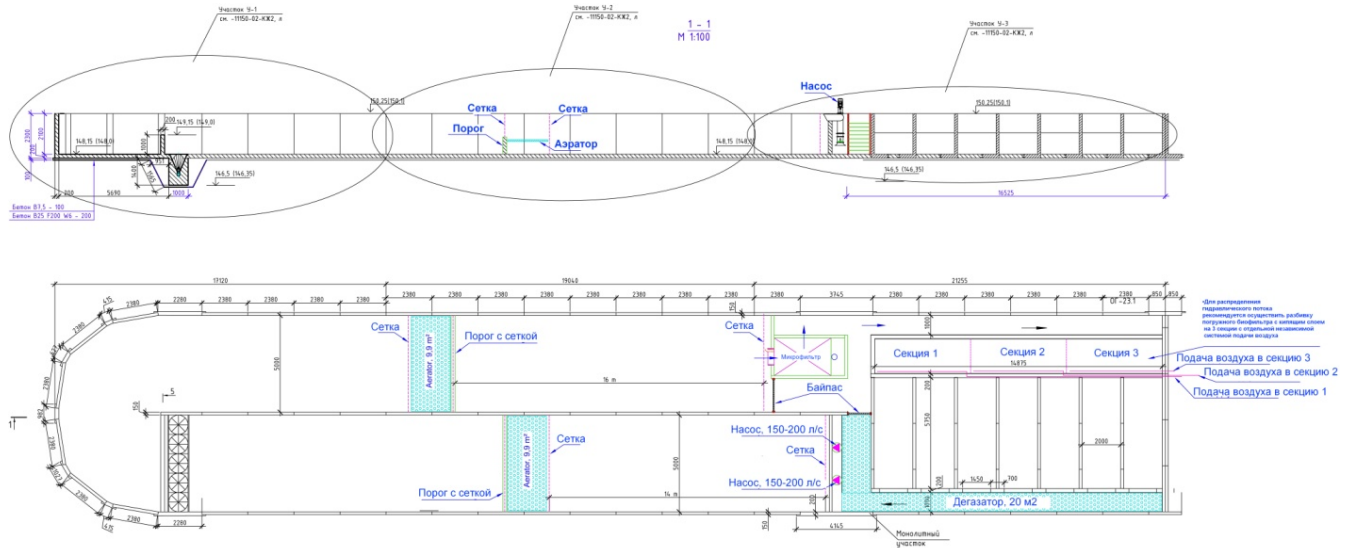


Рис. 1. Предложения по модернизации типовых проектов форелевых УЗВ канального типа

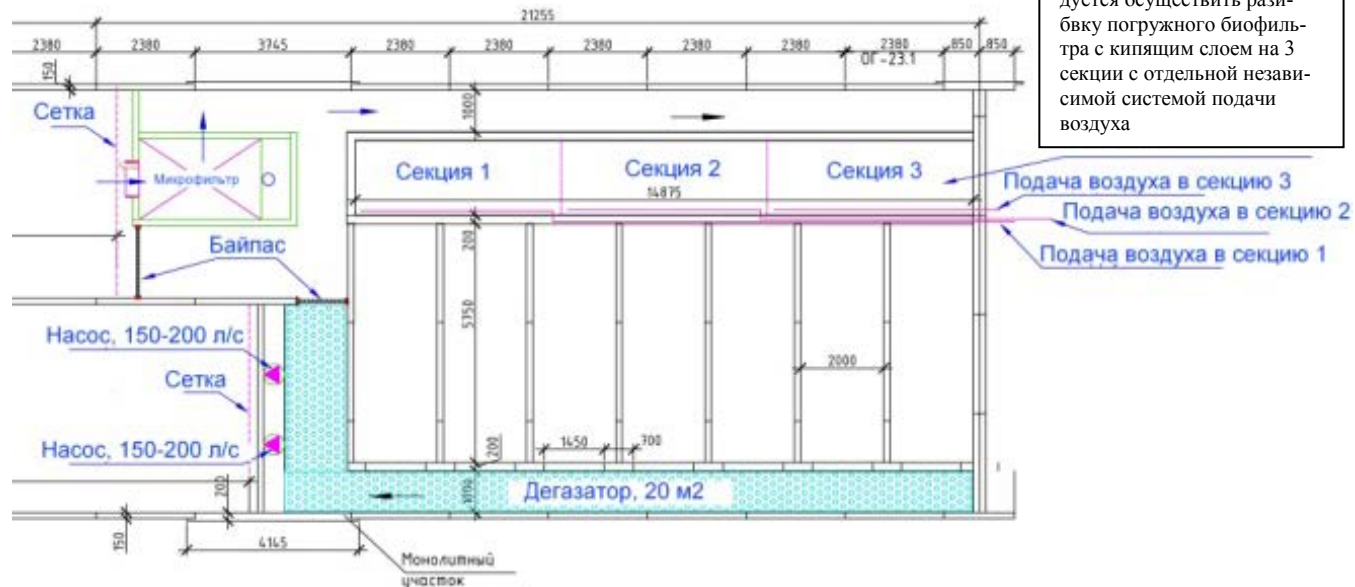


Рис. 2. Предложения по модернизации типовых проектов форелевых УЗВ канального типа (увеличение)

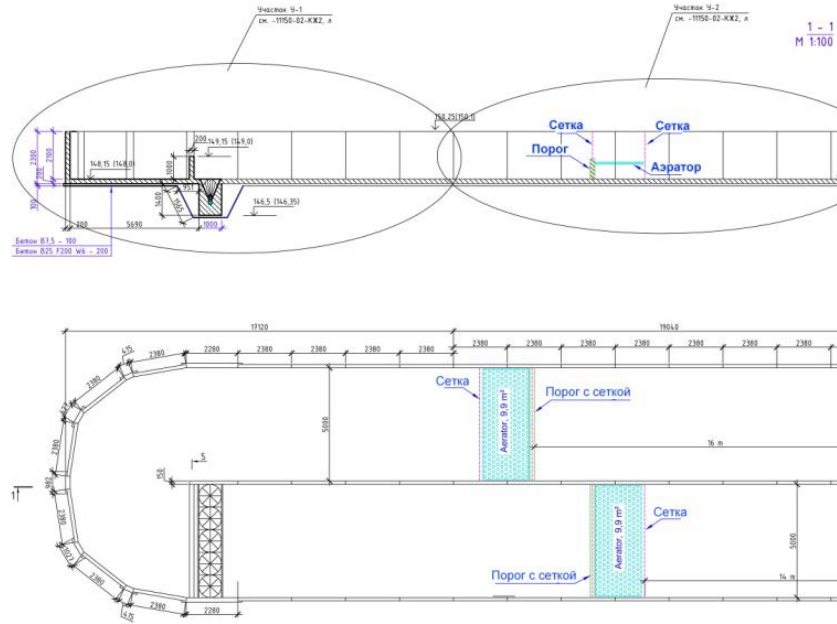


Рис. 3. Предложения по модернизации типовых проектов форелевых УЗВ канального типа (увеличение)

Технология запуска биологического фильтра

Биологическая фильтрация – это многостадийный, многоступенчатый процесс, полностью аналогичный самоочистке природных водоемов и осуществляющийся разнообразными бактериями. Первой стадией является минерализация. Специализированные бактерии – гетеротрофы – переводят органические азотсодержащие вещества (экскременты рыб, остатки несъеденного корма, мочевины и т. п.) в неорганические, в основном в аммиак. Следующая стадия – нитрификация аммиака и перевод его в нитрит, а далее в малотоксичный для рыб нитрат – осуществляется другими группами литотрофных бактерий, таких как *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrosomonas* (рис. 1). Для рода *Nitrobacter* возможен миксотрофный рост. Основным источником энергии служит нитрит. В присутствии нитрита и органических веществ часто происходит двухфазный рост: сначала клетки используют нитрит, а затем окисляют органическое вещество. Энергия, выделяющаяся при окислении аммиачного азота до нитратного, используется бактериями для ассимиляции углекислого газа и для других эндотермических процессов.

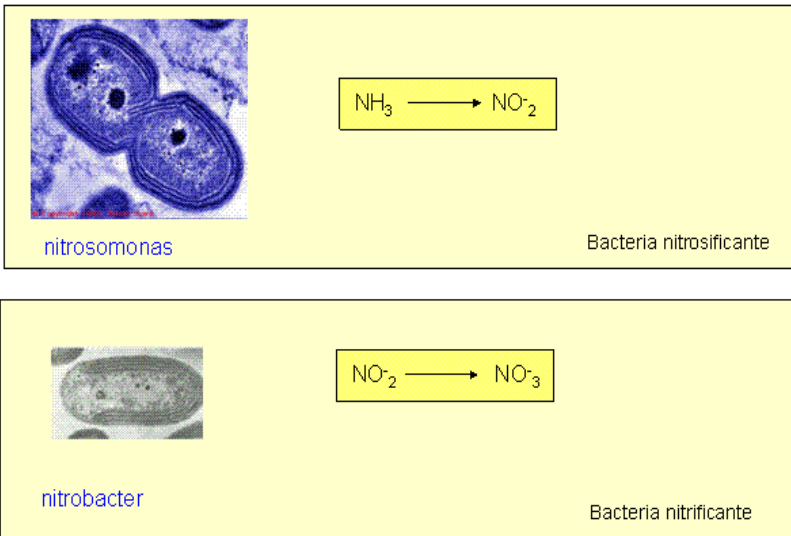


Рис. 1

Существуют также бактерии-прокариоты, которые переводят нитраты в нейтральный азот и совсем выводят его из круговорота веществ в аквасистеме. Этот процесс называется денитрификацией (протекает в анаэробной среде, т. е. без участия кислорода, при достаточно высокой температуре), он используется крайне редко, вследствие того, что удалять нитраты разбавлением более выгодно экономически.

Первые две стадии и составляют суть биофильтрации – особые группы бактерий занимаются переработкой ядовитых соединений азота – аммиака и нитритов – в значительно менее ядовитые нитраты.

Следует отметить, что бактерии-нитрификаторы чувствительны к кислой среде. Область значений pH, при которых наблюдается рост разных видов и штаммов нитрифицирующих бактерий, приходится на 6,0–8,6, а оптимальное значение pH чаще всего 7,0–7,5. Известны штаммы, имеющие температурный оптимум 26 или около 40 °С, и штаммы, довольно быстро растущие при 4 °С.

Все известные нитрифицирующие бактерии являются облигатными аэробами. Но так как заметного снижения работы бактерий при снижении содержания кислорода в воде до 3 мг/л не происходит, а для выращиваемой рыбы это уже критические значения, то дополнительно в биофильтр вводить кислород не нужно.

Запуск нового биофильтра

Запуск нового биофильтра преследует цель заселения субстрата колониями минерализующих и нитрифицирующих бактерий (рис. 2).

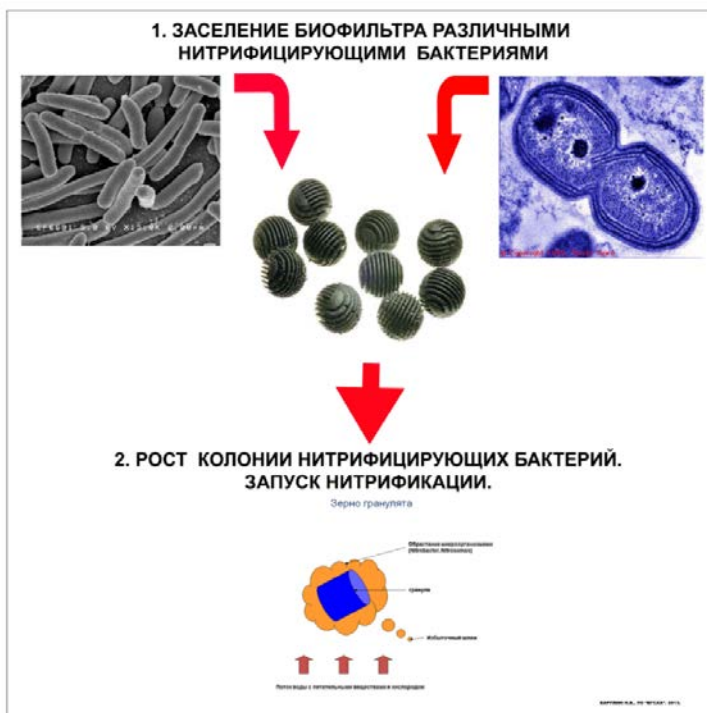


Рис. 2

Бактерии этих видов присутствуют практически повсюду, и если в биофильтр попадает аммоний, то это вызывает развитие колоний бактерий *Nitrosomonas*. В результате окислительной деятельности бактерий *Nitrosomonas* в воде появляется нитрит, служащий питанием для бактерий рода *Nitrobacter*, окисляющих нитрит до нитрата. Как и для всего живого, им требуется время для своего размножения и наращивания биомассы, достаточной для окисления поступающих из рыбоводных емкостей (бассейнов) загрязнений. Чем больше загрязнений в единицу времени поступает из бассейнов, тем большая биомасса активного ила требуется для их окисления. Причем процесс развития бактерий-окислителей связан со значительными изменениями гидрохимического режима.

Картина изменения концентраций аммония, нитрита и нитрата в процессе запуска биофильтра приведена на рис. 3.

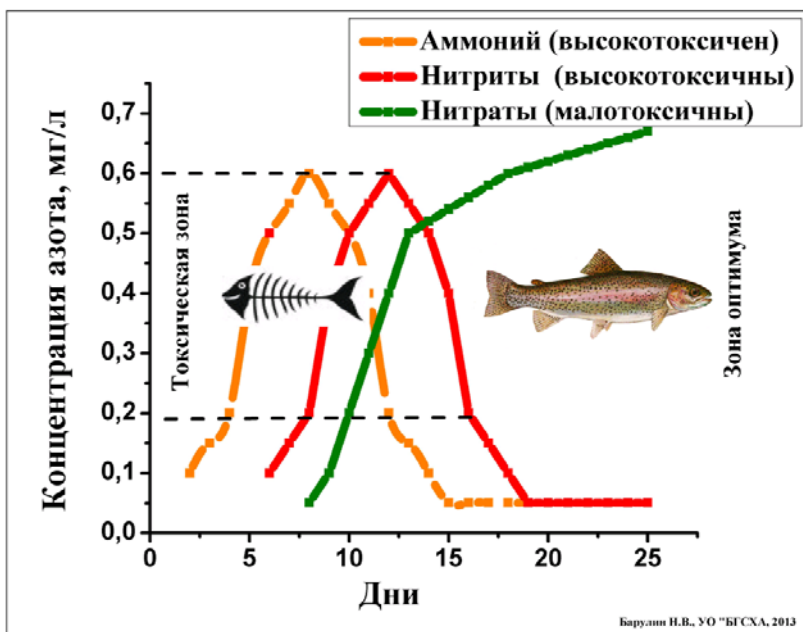


Рис. 3

Нормальный срок завершения процесса формирования колоний нитрифицирующих бактерий в биофильтре составляет 30–40 суток при температуре 20 °С. Но выход на установленный режим биофильтров в установках для выращивания холодолюбивых рыб растягивается до 1–2 месяцев, а в соленой воде – до 2–3 месяцев.

При небольших плотностях посадки рыбы 2–3 кг/м³ запуск биофильтра проходит без затруднений, так как уровень концентрации токсичных продуктов не успевает возрасти до предельных значений. После формирования колоний бактерий нагрузка на биофильтр может плавно увеличиваться. О формировании колоний бактерий судят по

изменению концентрации нитрата. Если концентрация нитрата растет, значит, бактерии рода *Nitrobacter* действуют.

Ускоренный запуск биофильтра проходит при частичной заправке его субстратом из функционирующего биофильтра. Это очень просто выполнить при сыпучем субстрате (гранула, щебенка, гравий). Но перед проведением этой процедуры следует провести тщательный санитарно-ветеринарный мониторинг хозяйства, из которого планируется брать культуру бактерий, так как с субстратом можно занести в аквасистему различные заболевания, в том числе и вирусные.

После монтажа системы УЗВ не следует сразу высаживать в нее объекты выращивания. Предварительно необходимо заполнить водой и промыть всю систему циркуляции, проверить работу всех ее элементов. Как правило, в этот момент выявляются все недостатки монтажных работ, протечки в соединениях и строительно-монтажных швах, недостаточная герметичность запорной арматуры и т. п. Рекомендуемый срок такой опытной эксплуатации составляет 2–3 недели, после чего воду из системы необходимо слить, заполнить ее свежей водой и приступить к пусковому периоду эксплуатации биоочистки.

Как уже говорилось, при небольших плотностях посадки рыбы проблем с запуском биофильтра не возникает. И после того как происходит устойчивое накопление нитратов в системе, а содержание аммонийного азота и нитритов опускается до оптимальных значений, можно еще подсаживать биомассу рыбы, но не более половины от существующей в неделю, и корректировать кормление по результатам анализов воды. То есть если в установке биомасса рыбы была на уровне 5 кг/м^3 и биофильтр заработал, то в течение последующей недели можно подсадить до $2,5 \text{ кг/м}^3$ рыбы и т. д. до необходимой плотности посадки. Таким образом, этот способ запуска биофильтра при возможности его применения наиболее предпочтительный, так как на биофильтре развиваются штаммы, приспособленные именно к данным видам загрязнений.

После выхода биофильтра на проектную мощность следует избегать сильных колебаний в кормлении, так как резкое снижение кормления может вызвать отмирание биологической пленки, что чревато, во-первых, вторичным загрязнением биофильтра вследствие переработки отмерших бактерий оставшимися (своеобразный «нитритный всплеск»), а во-вторых, возобновлением процесса наращивания бактериальной массы.

При запуске биофильтра с рыбой, как видно из рис. 3, сначала повышается концентрация аммонийного азота, затем нитритного, а после нитратного.

Аммонийный азот сам по себе не сильно токсичен для рыб, но при повышении pH более 7 он переходит в очень токсичный аммиак (табл. 1), концентрация которого не должна превышать сотых долей миллиграмма на литр. При повышенной концентрации аммиака в воде рыба не может полноценно выводить его из организма и помимо общего отравления происходит разрушение жаберного эпителия, куда проникает вторичная инфекция, в результате чего отравившаяся рыба еще и заболевает. Чтобы снизить токсическое действие аммиака при запуске биофильтра с рыбой, нужно регулировать pH воды в системе, медленно добавляя раствор соляной кислоты (х. ч.), желательно с помощью автоматических дозаторов корректировки pH. Однако следует помнить, что кислая среда неблагоприятно влияет на рост нитрифицирующих бактерий, поэтому при высоких концентрациях солей аммония pH следует поддерживать на уровне 7.

Таблица 1. Содержание свободного аммиака в растворах гидроксида аммония при различных значениях рН и температуры, %

Температура, °С	Активная реакция среды (рН)								
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
0	0,0083	0,026	0,083	0,261	0,82	2,55	7,64	20,7	45,3
1	0,0090	0,028	0,090	0,284	0,89	2,77	8,25	22,1	47,3
2	0,0098	0,031	0,098	0,308	0,97	3,00	8,90	23,6	49,4
3	0,0106	0,336	0,106	0,335	1,05	3,25	9,60	25,1	51,5
4	0,0115	0,036	0,115	0,363	1,14	3,52	10,30	26,7	53,5
5	0,0125	0,040	0,125	0,394	1,23	3,80	11,10	28,3	55,6
6	0,136	0,043	0,135	0,427	1,34	4,10	11,90	30,0	57,6
7	0,147	0,046	0,147	0,462	1,45	4,44	12,80	31,7	59,5
8	0,0159	0,050	0,159	0,501	1,57	4,79	13,70	33,5	61,4
9	0,0172	0,054	0,172	0,542	1,69	5,16	14,70	35,3	63,3
10	0,0186	0,058	0,186	0,586	1,83	5,56	15,70	37,1	65,1
11	0,0201	0,064	0,201	0,633	1,97	5,99	16,80	38,9	66,8
12	0,0218	0,069	0,217	0,684	2,13	6,44	17,90	40,8	68,5
13	0,0235	0,074	0,235	0,738	2,30	6,92	19,00	42,6	70,2
14	0,0254	0,080	0,253	0,793	2,48	7,43	20,20	44,5	71,7
15	0,0274	0,087	0,273	0,859	2,67	7,97	21,50	46,4	73,3
16	0,0295	0,093	0,294	0,925	2,87	8,54	22,80	48,3	74,7
17	0,0318	0,101	0,317	0,996	3,08	9,14	24,10	50,2	76,1
18	0,0343	0,108	0,342	1,070	3,31	9,78	25,50	52,0	77,4
19	0,0369	0,117	0,368	1,150	3,56	10,50	27,00	53,9	78,7
20	0,0397	0,125	0,396	1,250	3,82	11,20	28,40	55,7	79,9
21	0,0427	0,135	0,425	1,330	4,10	11,90	29,90	57,5	81,0
22	0,0459	0,145	0,457	1,430	4,39	12,70	31,50	59,2	82,1
23	0,0493	0,150	0,491	1,540	4,70	13,50	33,00	60,9	85,2
24	0,0530	0,167	0,527	1,650	5,03	14,40	34,60	62,6	84,1
25	0,0569	0,180	0,566	1,770	5,38	15,30	36,30	64,3	85,1
26	0,6100	0,193	0,607	1,890	5,75	16,20	37,90	65,9	85,9
27	0,6540	0,207	0,651	2,030	6,15	17,20	39,60	67,4	86,8
28	0,0701	0,220	0,697	2,170	6,56	18,20	41,20	68,9	87,5
29	0,0752	0,237	0,747	2,320	7,00	19,20	42,90	70,4	88,3
30	0,0805	0,254	0,799	2,480	7,46	20,30	44,60	71,8	89,0

Нитритный азот также токсичен для рыб. Его оптимальное содержание в воде – десятые доли миллиграмма на литр. Нитритный токсикоз вызывает у рыб окисление феррогемоглобина в ферригемоглобин, влияет на ткани и сосудистую систему, а также на липидный и жирокислотный состав молоди рыб. Токсичность нитритов зависит от температуры, концентрации кислорода и хлоридов.

Ионы хлора снижают токсичность нитритов. Так, присутствие NaCl в концентрации 200 мг/л в 3 раза снижает токсичность нитритов для молоди стальноголового лосося. Снизить токсическое действие нитритов можно внесением хлорида натрия в сочетании с хлоридом кальция из расчета 5 мгCl⁻/м³ на каждые 0,1 г нитритного азота в 1 м³ воды. При отсутствии хлорида кальция дозу поваренной соли увеличивают до 8 г/м³.

Нитратный азот не столь токсичен для рыб. Его концентрация может доходить до десятков, а по некоторым данным до сотен миллиграммов на литр без видимого вреда для рыбы. Впрочем, при высоких концентрациях и низких значениях pH нитриты переходят в азотную кислоту и могут раздражать кожные покровы. Из УЗВ нитраты удаляются в основном за счет разбавления свежей подпиточной водой, в результате чего, собственно, и устанавливается лимит подпиточной воды современных УЗВ в 5–10 %.

В идеале пусковой период сооружений биологической очистки в УЗВ следует проводить заблаговременно, когда в рыбоводных емкостях еще нет гидробионтов. Это позволяет избежать риска губительного воздействия в них высоких концентраций аммиака и нитритов в момент формирования биоценоза активного ила. В этом случае в качестве источника загрязнений (органического и аммонийного питания для развития бактерий) в систему циркуляции следует вносить какую-либо органику и минеральные соли, например хлорид аммония, другие искусственные питательные среды. Но у этого метода может быть недостаток, выраженный в том, что, видимо, развиваются не совсем те штаммы бактерий, которые сопровождают работу биофильтра с рыбой, и при вселении гидробионтов происходит некоторая разбалансировка в работе биофильтра.

Для подкормки нитрифицирующих бактерий, особенно в начальный период, в воде необходимо поддерживать концентрацию ионов аммония в пределах 1–3 мг/л. Для создания концентрации ионов аммония на уровне 1 мг/л необходимо добавить 3,8 г хлорида аммония на 1 м³ воды. После того как заработают колонии бактерий и начнется снижение концентрации аммония, раствор солей аммония необходимо добавлять не реже 1 раза в сутки. Во время безрыбного запуска биофильтра подпитку свежей водой проводить не следует.

Для подкормки гетеротрофных бактерий необходимо добавлять комбикорм для рыб, желательно такой же, которым будет кормиться рыба, из расчета 0,1–0,2 кг/м³ воды в системе в сутки. Перед внесением комбикорма следует замочить в горячей воде для размягчения, а затем сделать из него жидкую суспензию и только после этого добавлять в воду, так как если бросать неразмягченные гранулы, то они не будут успевать растворяться, особенно при невысоких температурах, и покроются плесневыми грибами рода *Saprolegnia*. В конце запуска биофильтр должен перерабатывать 4–5 кг аммонийного азота на тонну молоди форели и 0,7 кг на тонну товарной рыбы в сутки. Переработкой данного количества солей аммония определяется окончание пускового периода биофильтра. Так как на различных хозяйствах в разные периоды года индивидуальный бактериальный состав в атмосфере, то каждая установка будет запускаться по индивидуальным временным промежуткам (в течение 1–2 месяцев), а концентрацию солей аммония необходимо поддерживать по результатам анализов воды. Оптимальная температура для безрыбного запуска биофильтра составляет 28–30 °С. После этого в течение 2 суток температуру оборотной воды в установке снижают до 18–19 °С, а затем продолжают плавное ее снижение до заданного уровня со скоростью 1 °С в сутки, чтобы избежать гибели имеющегося биоценоза биоочистки от резкого перепада температуры воды и плавно адаптировать его к работе при низкой температуре. В этом случае пусковой период биофильтра продлится не более месяца. Воду в данный период можно подогревать проточными нагревателями или дополнительными батареями из пластиковых труб, подключенным к котельной. При этом открытое зеркало воды в бассейнах и приемках необходимо закрыть полиэтиленовой пленкой (устроить парник). Но так как осуществить вышеописанное технически достаточно сложно, особенно на больших установках, то не всегда этот способ используется. При запуске биофильтра ежедневно осуществляется контроль качества оборотной воды по аммонийному азоту, нитритам и нитратам. На основании полученных результатов определяют момент стабилизации гидрохимического режима по перечисленным показателям. Чтобы сократить опасный

период запуска и оперативно начать технологический процесс содержания гидробионтов, в практике аквакультуры используют специальные водные кондиционеры и ускорители, представляющие собой концентрированные смеси культур бактерий-нитрификаторов. Но необходимо помнить, что нитрифицирующие бактерии *Nitrobacter* дольше приживаются на субстрате биофильтра, чем остальные, и если добавлять эти препараты при запуске с рыбой, то, как правило, через несколько часов происходит сильнейший всплеск токсичных нитритов. Водные кондиционеры широко представлены на аквариумном рынке (Sera, Tetra, АРУ и пр.), и пользоваться ими необходимо согласно инструкции фирмы-продавца. Но большим недостатком этого способа ускорения запуска является высокая стоимость используемых биопрепаратов. Во время запуска биофильтра устройства дезинфекции воды (УФ-фильтры, озонаторы и т. п.) должны быть по возможности отключены. Однако озон имеет свойство быстро окислять нитриты до нитратов, и во время «нитритных всплесков» при запуске с рыбой эту способность, возможно, использовать в установках, оснащенных системой озонирования.

Таким образом, проведение пускового периода сооружений биоочистки в УЗВ можно осуществить тремя основными способами (или их комбинацией): внесением всевозможных реагентов в качестве питательной среды для микроорганизмов; добавлением популяций бактерий в виде чистых культур и бактериальных смесей, всевозможных субстратов из других биофильтров или природных источников; постепенной подсадкой гидробионтов в систему.

Схема запуска УЗВ по ускоренному варианту (на 1 м³ загрузки)

Дни	Корм, кг/сут	Хлористый аммоний, мл/сут (5%-ный раствор)
1	0,1	80
2	0,18	160
3	0,27	240
4	0,36	320
5	0,45	400
6	0,54	480
7	0,63	560
8	0,72	640
9	0,81	720
10	0,9	800
11	1	880
12	1,1	960
13	1,18	1040
14	1,3	1200
15	1,3	1200
16	1,3	1200
17	1,3	1200
18	1,3	1200
19	1,3	1200
20	1,3	1200

Порции вносятся равномерно через каждый час. Одновременно с введением субстанций ведется контроль газового и химического режима системы. Как правило стабилизация процесса нитрификации наступает к 15–20-м суткам (при температуре 22–23 °С). Это является признаком того, что система готова принять для выращивания рыбу.

**Примеры установок замкнутого водоснабжения,
перспективных для аквакультуры Беларуси**

В последние годы в Беларуси активно развивается аквакультура в УЗВ. В рамках Государственных программ, а также в рамках частных и иностранных инвестиций начиная с 1998 г. было реализовано более 13 проектов по созданию рыбоводных промышленных комплексов на базе УЗВ по выращиванию таких рыб, как осетровые (фермерское хозяйство «Василек» Дзержинского р-на (рис. 1–2); КСПА «Несвижская» Несвижского р-на; ООО «ТМ» г. Минска; ООО «Ремона» г. Могилева; СП «Санта Бремор» ООО г. Бреста), клариевые (ИООО «Ясельда» Березовского р-на (рис. 3–4)), лососевые (УО БГСХА г. Горки (рис. 5–6); КПУП «Форелевое хозяйство «Лохва» Быховского р-на; КПУП «Форелевое хозяйство «Высокое» Костюковичского р-на; ОАО «ПМК-83 Водстрой» Бельничского р-на; «Рыбопитомник «Богушевский» УП «Лиозненское ПМС» Лиозненского р-на; ОАО «Рыбхоз «Альба» Несвижского р-на), угревые (фермерское хозяйство «Актам Фиш» Миорского р-на) и др.



Рис. 1. Фермерское хозяйство «Василек» Дзержинского р-на.
Хозяйство построено в начале 2000-х гг.



Рис. 2. Фермерское хозяйство «Василек» Дзержинского р-на.
Отличительной особенностью данной УЗВ являются стальные бассейны с наклонным дном и конусом для сбора шлама, а также эрлифты

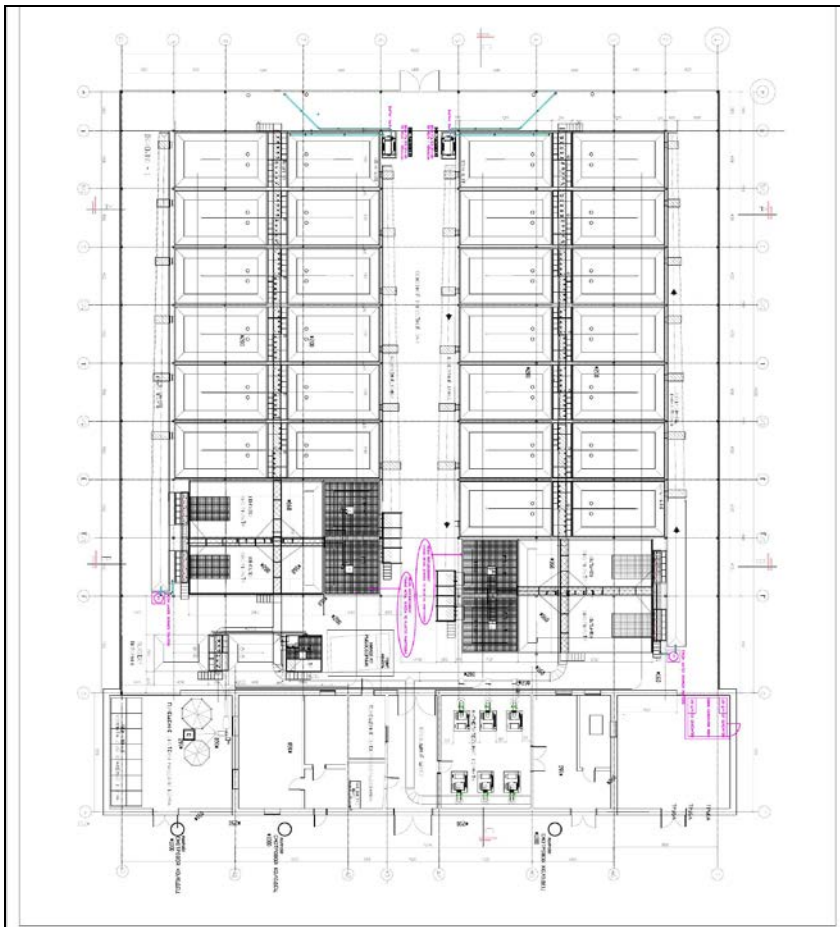


Рис. 3. УЗВ ИООО «Ясельда» Березовского р-на.
Общая схема размещения оборудования

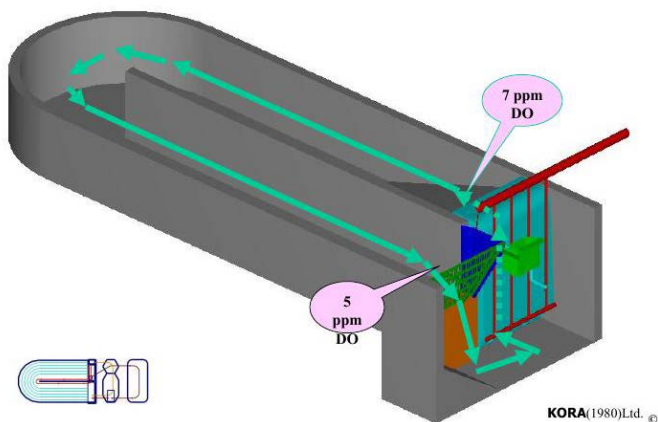


Рис. 4. В основе работы УЗВ ИООО «Ясельда» Березовского р-на лежит технология «Мегapotок». Данная система обеспечивает равномерную подачу растворенного кислорода. Вода в бассейн с рыбой подается с такой скоростью, которая является оптимальной для различных возрастных групп и видов рыбы



Рис. 5. Рыбоводный промышленный комплекс УО БГСХА построен в 2012 г. на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства



Рис. 6. В состав рыбоводного промышленного комплекса УО БГСХА входит четыре модуля: модуль инкубации, модуль выращивания молоди до массы 5 г, два модуля выращивания молоди до массы 50 г

В качестве примера проекта УЗВ с круглыми бассейнами можно рассматривать также предложение от немецкой фирмы Fischtechnik (рис. 7), которое включает следующее оборудование:

- круглые бассейны диаметром 6 м, высотой 1,6 м;
- круглые бассейны диаметром 4 м, высотой 1,4 м;
- круглые бассейны диаметром 3 м, высотой 1,4 м;
- механический фильтр (барабанный сетчатый фильтр) с насосом обратной промывки, управлением, мостками обслуживания;
- оборудование для биофильтра, включая загрузку, аэратор, две воздуходувки, трубы, мостики обслуживания;
- насосное оборудование, насос биофильтра, два циркуляционных насоса ($800 \text{ м}^3/\text{ч}$), включая поплавковый выключатель и обратные клапана;
- система кислородной аэрации (оксигенации) типа Oxutrans 1600 с узлом дозирования и системой аварийной аэрации;
- ультрафиолетовая дезинфекция, включая шкаф управления и монтажный корпус;
- озоновая дезинфекция;
- техника кормораздачи;
- система управления типа Bluebox Basic с архивацией данных и комплектом датчиков;
- система трубопроводов для воды и кислорода;
- теплообменник;
- комплект оборудования для инкубационно-личиночного участка (бассейны, насосы, фильтры);
- аварийный электрогенератор (ручной пуск).

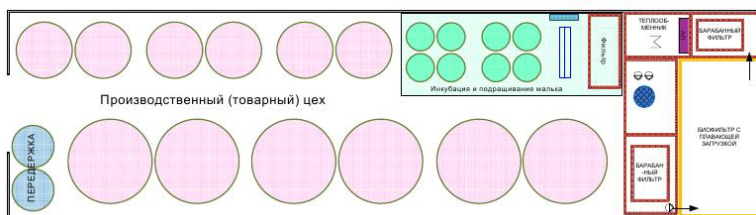


Рис. 7. Проект УЗВ с круглыми бассейнами немецкой фирмы Fischtechnik

Важным моментом при конструировании круглых бассейнов является соотношение диаметра к глубине. Оптимальное соотношение 3:1 (рис. 8). Если это соотношение увеличивается, то возникает вероятность появления так называемых мертвых зон или участков с низким содержанием кислорода (рис. 9). Для улучшения циркуляции в круглых бассейнах удобнее использовать вертикальный водослив с равномерным распределением потока воды по всей глубине бассейна (рис. 10). Как правило, в круглых бассейнах твердые вещества оседают в центре бассейна. Вода с такими веществами в объеме 10–20 % идет на сброс, через центральный водослив с дальнейшей очисткой, например через гидроциклон. Остальная вода в объеме 80–90 % идет на дальнейшую механическую и биологическую очистки (рис. 11). Влияние кормления рыбы на качество воды представлено на рис. 12. Влияние pH на уровень высокотоксичного NH_3 представлено на рис. 13.

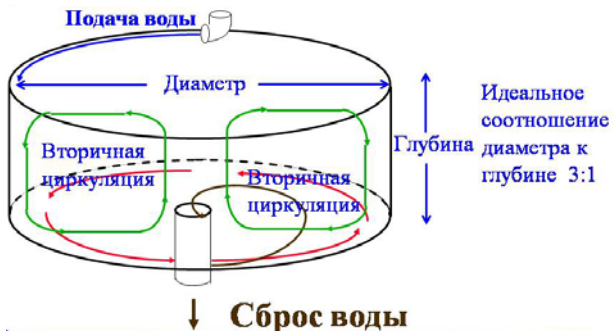


Рис. 8. Циркуляция воды в круглых бассейнах. Соотношение сторон 3:1

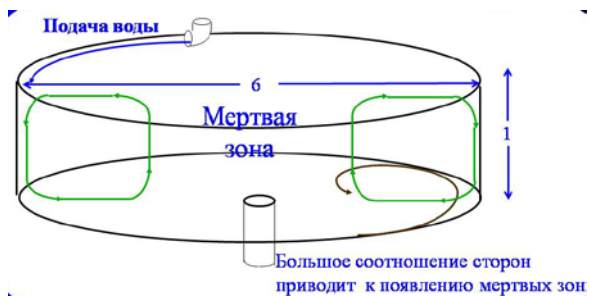


Рис. 9. Циркуляция воды в круглых бассейнах. Соотношение сторон 6:1

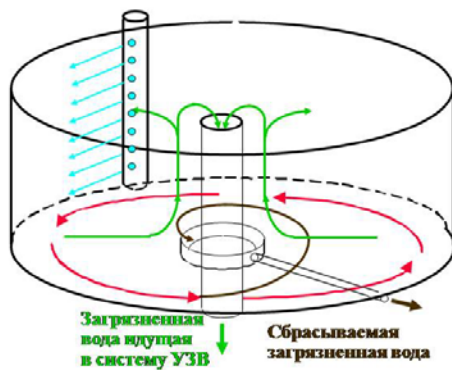


Рис. 10. Вертикальная водоподача и двойной водослив в круглых бассейнах



Рис. 11. Центральный слив в круглых бассейнах

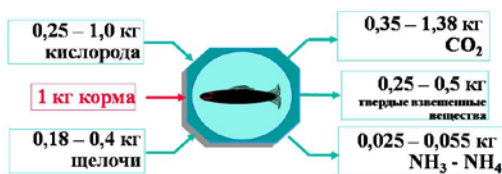


Рис. 12. Влияние кормления рыбы на качество воды

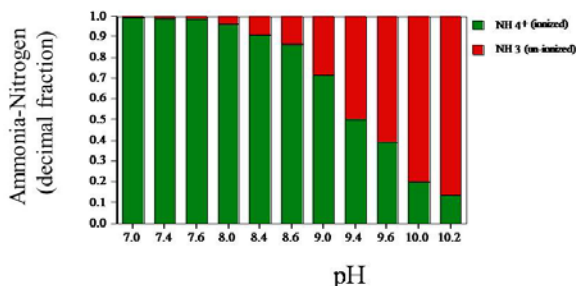


Рис. 13. Влияние pH на уровень высокотоксичного NH_3

Установки замкнутого водоснабжения, построенные в КПУП «Форелевое хозяйство «Лохва» Быховского р-на, в КПУП «Форелевое хозяйство «Высокое» Костюковичского р-на, в ОАО «ПМК-83 Водстрой» Бельничского р-на, в «Рыбпитомник «Богушевский» УП «Льозненское ПМС» Льозненского р-на и в ОАО «Рыбхоз «Альба» Несвижского р-на, основаны на так называемых канальных системах, которые впервые были разработаны в Дании, а затем получили распространение в Германии и Польше.

В качестве вариантов использования бетонных бассейнов прямоугольной формы на рис. 14–17 приведены различные схемы УЗВ.

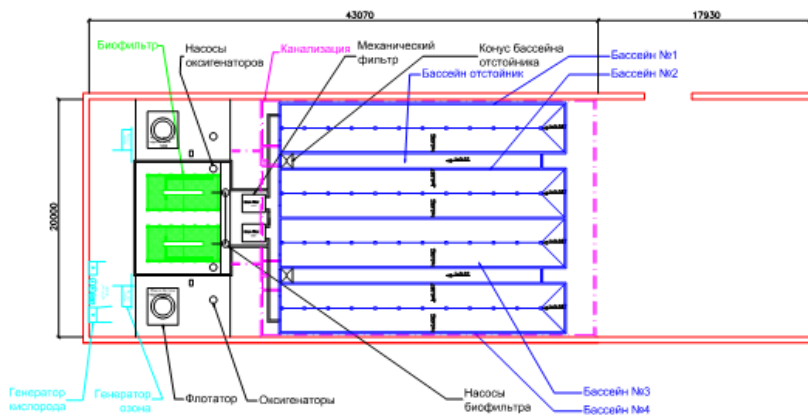


Рис. 14. Схема УЗВ с бетонными прямоугольными бассейнами (вариант 1)



Рис. 15. Схема УЗВ с бетонными прямоугольными бассейнами (вариант 2)



Рис. 16. Схема УЗВ с бетонными прямоугольными бассейнами (вариант 3)



Рис. 17. Схема УЗВ с бетонными прямоугольными бассейнами (вариант 4)

Заслуживает внимания приведенная ниже схема УЗВ для выращивания осетровых рыб, в основе которой лежат также бетонные бассейны прямоугольной формы (рис. 18).

План расстановки оборудования

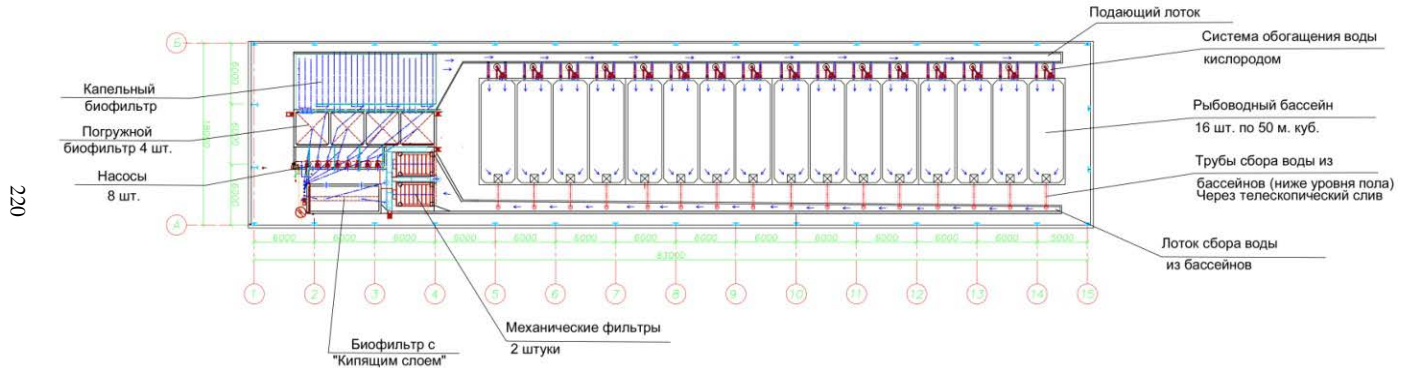


Рис. 18. Схема УЗВ с бетонными прямоугольными бассейнами (вариант 5) для выращивания осетровых

Технологическое оборудование комплекса располагается в здании размером 18×83 м, площадь здания – 1494 м^2 . Высота здания в осях 1–15 может быть 3 м.

Мощность планируемого предприятия:

1) 50 т товарной рыбы в год;

2) содержание ремонтно-маточного стада стерляди в количестве 5 т.

В здании установлена одна установка УЗВ (рис. 19–24). Состав системы: рыбоводные бассейны объемом 50 м^3 каждый – 16 шт. Всего в бассейнах 800 м^3 воды. 14 бассейнов для выращивания товарной рыбы, 2 бассейна для содержания РМС. Размеры бассейна (в чистоте по воде) 3,4 м – ширина, 10,1 м – длина, толщина слоя воды – 1,5 м.



Рис. 19. Рыбоводные бассейны объемом 50 м^3 каждый – 16 шт. Всего в бассейнах 800 м^3 воды



Рис. 20. Размеры бассейна (в чистоте по воде): 3,4 м – ширина, 10,1 м – длина, толщина слоя воды – 1,5 м



Рис. 21. Лоток сбора воды открытого типа (бетон).
Стрелкой указан телескопический слив совместно
и контроль уровня воды в бассейне



Рис. 22. Механический фильтр. Стрелкой указан шандорный перелив
(в случае аварии)

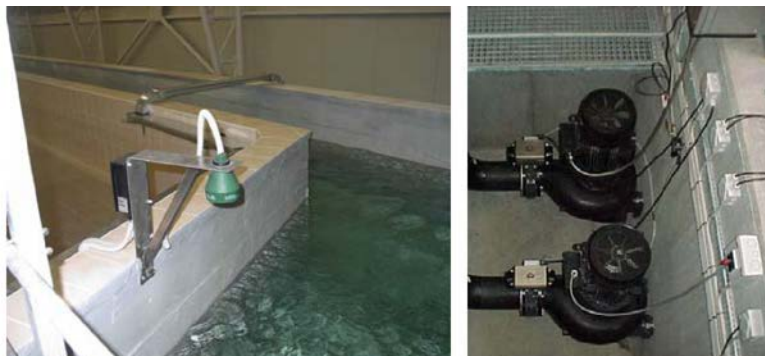


Рис. 23. Насосы. В системе установлено 8 одинаковых насосов мощностью по 5 кВт каждый. Работают все одновременно



Рис. 24. Биологический фильтр

В системе используется три типа фильтров параллельно: погружной, капельный и биофильтр с кипящим слоем. Все биофильтры способны выдержать нагрузку 400 кг корма в сутки.

Плотность содержания товарной стерляди – до 60 кг на 1 м³. Содержание РМС стада стерляди – 40–50 кг/м³.

Кислород получают от двух комплектов генераторов кислорода. Каждый бассейн оснащен собственной системой слежения за количеством кислорода в воде (рис. 25).

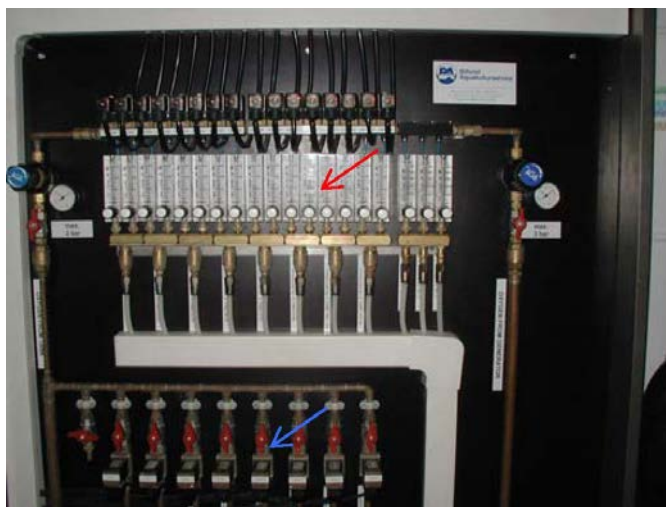
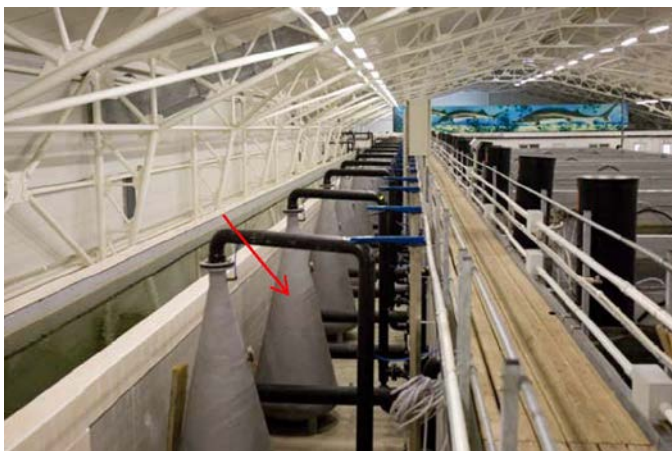


Рис. 25. Система насыщения воды кислородом

Из вариантов использования бетонных бассейнов, овальной формы, на наш взгляд, наиболее удачное решение выполнено при проектировании УЗВ, схема и фотографии бассейнов которой представлены на рис. 26–28.



Рис. 26. Бетонный бассейн овальной формы



Рис. 27. УЗВ с бетонными бассейнами овальной формы

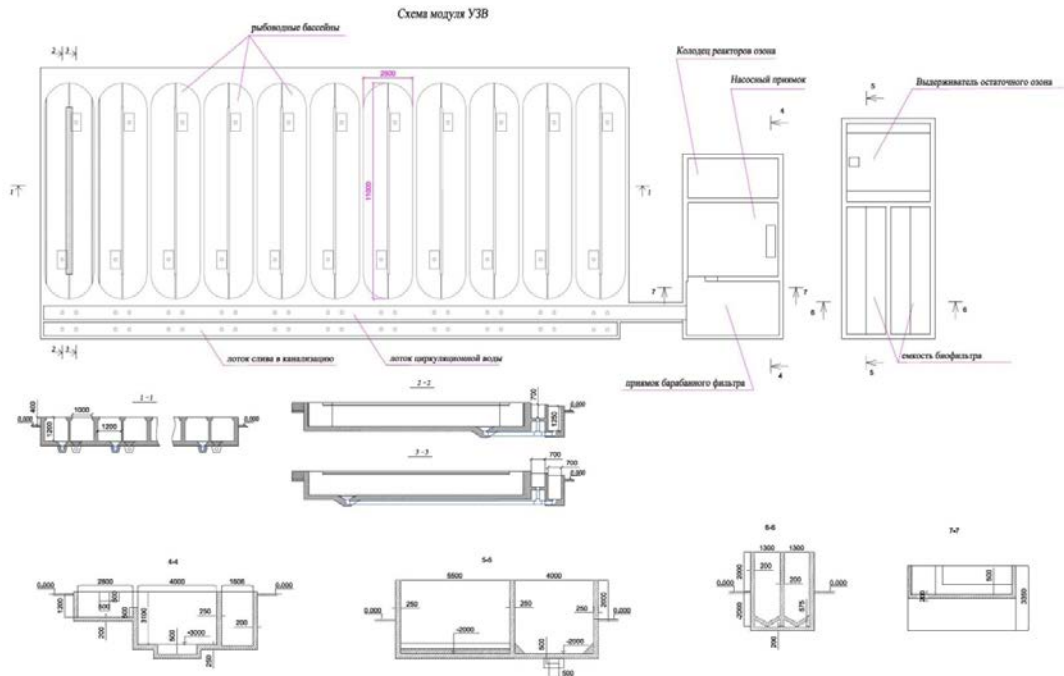


Рис. 28. Схема модуля УЗВ с бетонными бассейнами овальной формы

К числу проектов, заслуживающих внимания в качестве перспектив развития белорусской аквакультуры, можно отнести следующие:

проект форелевой УЗВ из Дании на 4 000 т (рис. 29–32);

адаптированный проект из Дании по модернизации бывшего отстойника из очистных сооружений городской канализации в УЗВ по выращиванию форели (рис. 33–35);

комбинированную (двухэтажную) УЗВ из Чехии: первый уровень – каналные бетонные бассейны для выращивания товарной рыбы, второй уровень – круглые бассейны для выращивания мальков (рис. 36–37).



Рис. 29. Строительство УЗВ с бетонными бассейнами круглой формы. Проектная мощность фермы – 4000 т в год. Максимальная плотность посадки в один большой бассейн – до 500 т на бассейн (Danish salmon, Хиртсшальс, Дания)



Рис. 30. Монтаж бетонного бассейна круглой формы (Danish salmon, Хиртсшальс, Дания)



Рис. 31. Вид снаружи на производственный бассейн (Danish salmon, Хиртсшальс, Дания)



Рис. 32. Вид изнутри на производственный бассейн (Danish salmon, Хиртсшальс, Дания)

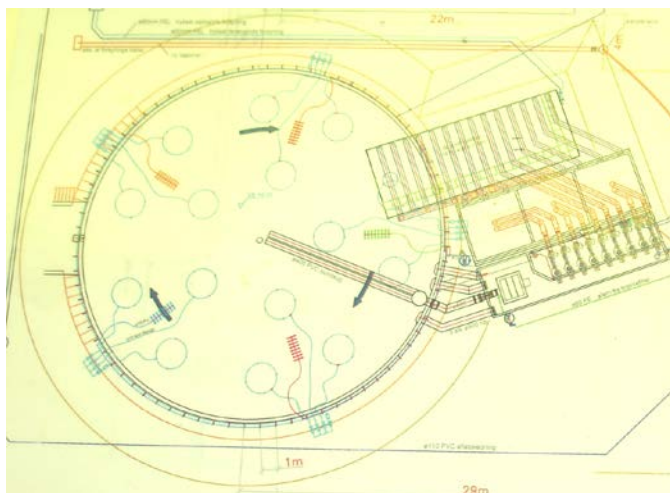


Рис. 33. Адаптированный проект по модернизации бывшего отстойника очистных сооружений городской канализации в УЗВ по выращиванию форели (Институт водных ресурсов Датского технического университета, Хиртсшалье, Дания)



Рис. 34. Модернизированный бассейн форелевой УЗВ (Институт водных ресурсов Датского технического университета, Хиртсшалье, Дания)



Рис. 35. Биологический фильтр в виде пристройки к модернизированному бассейну форелевой УЗВ (Институт водных ресурсов Датского технического университета, Хиртсшальс, Дания)



Рис. 36. Комбинированная (двухэтажная) УЗВ из Чехии: первый уровень – каналные бетонные бассейны для выращивания товарной рыбы, второй уровень – круглые бассейны для выращивания мальков



Рис. 37. Опора второго уровня на стенки бетонных бассейнов первого уровня

Необходимо отдельно выделить сегмент так называемых мини-УЗВ, предназначенных для выращивания рыбы в подсобных хозяйствах, в целях декоративного рыбоводства, передержки, проведения научных исследований и др. (рис. 38–42).



Рис. 38. Исследовательская мини-УЗВ факультета рыбоводства и охраны вод Южночешского университета (Чехия)

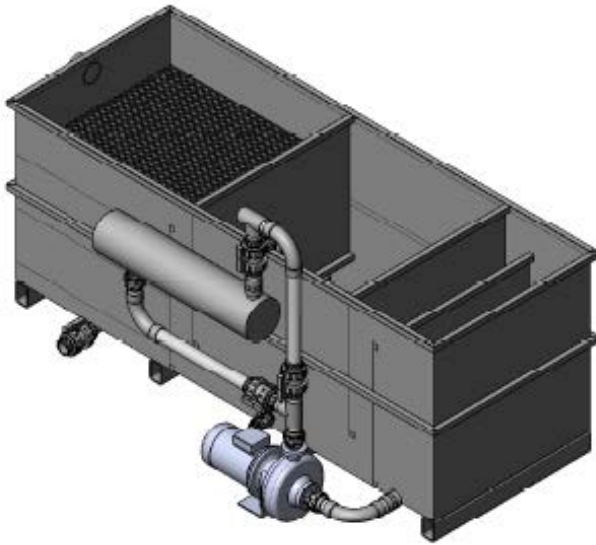


Рис. 39. Мини-УЗВ фирмы Fischtechnik International Engineering GmbH (Германия)



Рис. 40. Передвижной инкубационный мини-модуль на базе автомобильного прицепа (вид снаружи) (Институт рыбного хозяйства, Ольштын, Польша)



Рис. 41. Передвижной инкубационный мини-модуль на базе автомобильного прицепа (вид внутри) (Институт рыбного хозяйства, Ольштын, Польша)



Рис. 42. Научная УЗВ для исследований в области кормления рыб компании Виомар (Хиртсшальс, Дания)

Интересным может также являться предложение в рамках сегмента мини-УЗВ от фирмы Fischtechnik International Engineering GmbH (рис. 43).

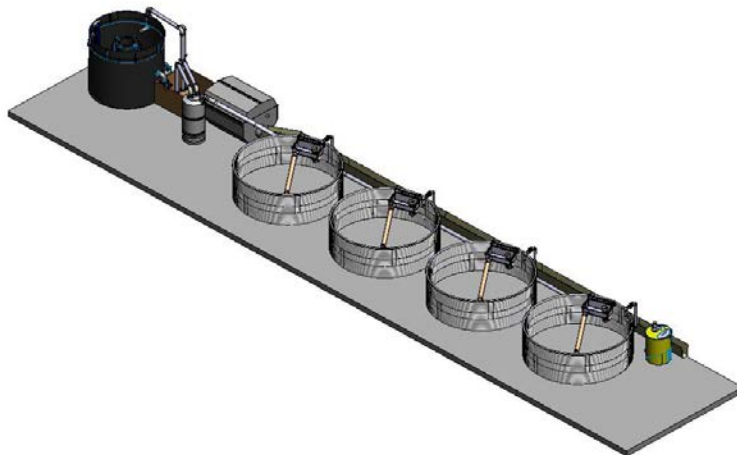


Рис. 43. Модуль типа FTIE 10 для выращивания рыбы в условиях УЗВ

Комплектация модуля типа FTIE 10 для выращивания рыбы в условиях УЗВ:
4 бассейна объемом $15,7 \text{ м}^3$ каждый (из листового «волнистого» металла с пленкой внутри);

барабанный фильтр для механической очистки воды;

биореактор (фильтр биологической очистки);

насосный приямок;

4 насоса (1 для обеспечения циркуляции и 1 для подачи воды в биореактор, а также по 1 резервному насосу);

система насыщения воды кислородом (оксигенатор типа Oxutrans 700);

узел ультрафиолетовой дезинфекции;

система стабилизации кислотности (значения pH);

электронная система управления работой УЗВ с аварийной сигнализацией.

При необходимости в зависимости от выращиваемых видов рыб и размеров рыбы могут соответственно применяться бассейны различных размеров и конфигураций.

Технические характеристики и необходимая строительная подготовка:

подпитка водой от артезианской скважины;

наличие источников тепла и электроэнергии;

свободный подъезд к УЗВ;

прокладка всех труб и кабелей до установки;

срок монтажа установки – 21 день;

общая необходимая площадь – около 200 м^2 ;

общий объем воды – около 70 м^3 ;

продуктивный объем воды в установке – около 60 м^3 ;

единовременно содержащееся рыбное стадо общей массой 3 т;

потребляемая электрическая мощность (вся установка) – около 7 кВт·ч;

в бассейнах 1,5–2-кратного водообмена в час;

потребность в подпитке свежей водой – 5–10 %;
насыщение воды кислородом через систему OxyTrans®;
система управления (аварийная сигнализация).

Система управления обеспечивает контроль всех параметров установки (температуры воды, значения pH, содержания кислорода в воде, уровня воды, состояния и пригодности к работе отдельных узлов и агрегатов установки), регулирует подачу и дозировку кислорода, а также подает аварийный сигнал обслуживающему персоналу установки при отклонении от нормы каких-либо параметров и возникновении критических состояний всей системы или ее отдельных компонентов.

Производственные мощности установки: в зависимости от выращиваемых видов рыб годовая мощность установки составляет от 3 до 10 т. До сих пор подобная установка применялась для выращивания таких видов, как: угорь, европейский окунь, карповые, осетровые, европейский сом, африканский сом (*Clarias*), американский сом, тилапия, американский лаврак (*Roccus americanus* и *Morona americana*), тюрбо, судак, ряпушка (*Coregonus albula* L.), сиг и латес (*Lates calcarifer*). При выращивании африканского сома, карповых или при применении УЗВ для выращивания посадочной молодежи можно достичь годовой производительности до 12 т. Для осетровых данный показатель составляет примерно около 5 т. В принципе в данной УЗВ возможно выращивание всех видов рыб, которые приучаются к искусственному корму и выдерживают условия интенсивного выращивания.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ.....	5
1.1. Производственные технологические элементы выращивания радужной форели.....	5
1.2. Общие рекомендации по кормлению радужной форели.....	15
1.3. Питание рыбы и связанные с ним заболевания.....	32
1.4. Условия выращивания.....	35
1.5. Качество воды и связанные с ним заболевания.....	40
1.6. Рекомендации по гидрохимическому контролю за параметрами водной среды.....	47
1.7. Общие ветеринарно-санитарные правила.....	49
1.8. Основные экономические расчеты инвестиций и производства продукции.....	68
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В ПОЛЬШЕ.....	69
2.1. Планирование строительства форелевого хозяйства.....	69
2.2. Выращивание радужной форели.....	70
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В ДАНИИ.....	74
3.1. Жизненный цикл радужной форели.....	75
3.2. Ветеринарно-санитарные нормы.....	85
3.3. Традиционные форелевые хозяйства.....	88
3.4. Образцовые форелевые хозяйства.....	91
3.5. Органические хозяйства.....	104
3.6. Правила пресноводной аквакультуры в Дании.....	107
4. РЫБОВОДНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ДАТСКИХ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ В АКВАКУЛЬТУРУ БЕЛАРУСИ.....	109
4.1. Цель обоснования.....	109
4.2. Окружающая среда и экология.....	109
4.3. Состояние рыбоводства Беларуси.....	114
4.3.1. Заболевания рыб.....	115
4.3.2. Текущее состояние, планы развития и сдерживающие факторы.....	116
4.4. Рынки искусственно выращенной рыбы.....	117
4.4.1. Импорт и экспорт искусственно выращенной рыбы.....	117
4.4.2. Переработка и профиль продукта.....	117
4.5. Конкурентоспособность цен.....	118
4.5.1. Стоимость продукции.....	118
4.6. Предпосылки для развития образцовых хозяйств датского типа в Беларуси.....	118
4.6.1. Требования, разрешение, авторизация образцовых хозяйств датского типа (на примере Дании).....	118
4.6.2. Общий SWOT-анализ «Окружающая среда / аквакультура».....	119
4.6.3. Потребность в земле (на примере Дании).....	119
4.6.4. Энергетические требования (на примере Дании).....	119
4.6.5. Качество воды (на примере Дании).....	119

4.6.6. Количество воды (на примере Дании).....	120
4.6.7. Подходящий климат для рыбоводства в холодной воде.....	121
4.7. Описание стандартной образцовой форелевой датской системы для внедрения в аквакультуру Беларуси.....	121
4.7.1. Общее описание.....	121
4.7.2. Оценка стоимости. Инвестиции.....	122
4.7.3. Оценки объемов производства.....	123
4.7.4. Окружающая среда.....	124
4.8. Заключение.....	126
5. ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КАНАЛЬНОГО ТИПА.....	129
5.1. Общие схемы установок замкнутого водоснабжения канального типа.....	129
5.2. Принцип действия канальной установки замкнутого водоснабжения.....	130
5.3. Примеры канальных установок замкнутого водоснабжения Дании и Польши.....	151
5.3.1. Рыбоводное хозяйство «Халлюндбэк» (Hallundbaek).....	151
5.3.2. Рыбоводное хозяйство «Хьярню» (Hjarno).....	152
5.3.3. Рыбоводное хозяйство «Фундерхулме» (Funderholme).....	154
5.3.4. Рыбоводное хозяйство «Кархеде Дабруг» (Kaerhede Dambrug).....	155
5.3.5. Рыбоводное хозяйство «Мункбро» (Munkbro).....	160
5.3.6. Рыбоводное хозяйство «Ню Мюлле» (Ny Molle Dambrug).....	163
5.3.7. Рыбоводное хозяйство «Ровнинг» (Ravning) компании «Трутекс АпС» (Troutex ApC).....	164
5.3.8. Рыбоводное хозяйство «Твильху» (Tvilho).....	167
5.3.9. Форелевое маточное хозяйство Dąbie (р-н г. Бытова, Поморское воеводство, Польша).....	167
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	173
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	174
Приложение 1. Решение возможных проблем при работе на УЗВ.....	174
Приложение 2. Примерный перечень мероприятий по коррекции иммуно-физиологического состояния и повышению выживаемости молоди форели.....	178
Приложение 3. Проектное описание модели 3 рыбоводного хозяйства на основе параллельно соединенных каналов.....	180
Приложение 4. Стандартный модуль для выращивания лососевых рыб.....	192
Приложение 5. Аналитическая записка по результатам посещения товарных форелевых канальных систем Беларуси.....	200
Приложение 6. Технология запуска биологического фильтра.....	205
Приложение 7. Примеры установок замкнутого водоснабжения, перспективных для аквакультуры Беларуси.....	212

Учебное издание

Барулин Николай Валерьевич

**АКВАКУЛЬТУРА ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ
И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В трех частях

Часть 1

ФОРЕЛЕВОДСТВО

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. А. Матасёва*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Корректор *А. С. Зайцева*

Подписано в печать 27.04.2018. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 13,95. Уч.-изд. л. 11,61.

Тираж 75 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.