

Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения

Введение в новые экологические и высокопродуктивные
замкнутые рыбоводные системы

Автор: Якоб Брайнбалле

Издание
2015 г.



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Eurofish
INTERNATIONAL ORGANISATION

Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения

Введение в новые экологические и высокопродуктивные
замкнутые рыбоводные системы

Автор: Якоб Брайнбалле

Published by arrangement with the
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
by Eurofish International Organisation

Настоящая книга была первоначально издана Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) и Международной организацией ЕВРОФИШ на английском языке под названием «[A Guide to Recirculation Aquaculture](#).» Настоящий русский перевод был подготовлен Международной организацией ЕВРОФИШ, которая несет ответственность за качество перевода. В случае расхождений, достоверной является оригинальная языковая версия.

ФАО и ЕВРОФИШ приветствуют использование, воспроизводство и распространение материала, содержащегося в настоящем информационном продукте. Если не указано иначе, этот материал разрешается копировать, скачивать и распечатывать для целей частного изучения, научных исследований и обучения, либо для использования в некоммерческих продуктах или услугах при условии, что ФАО и ЕВРОФИШ будут надлежащим образом указаны в качестве источника и обладателей авторского права, и что при этом никоим образом не предполагается, что ФАО и ЕВРОФИШ одобряют мнения, продукты или услуги пользователей.

© EUROFISH, 2016 (Russian edition)

© FAO and EUROFISH, 2015 (English edition)

ISBN: 978-87-992601-6-4

Предисловие

Строгие экологические ограничения, направленные на минимизацию загрязнений от рыбоводных заводов и аквакультурных хозяйств в странах Северной Европы послужили стимулом к быстрому технологическому развитию установок замкнутого водоснабжения (УЗВ). Кроме того, рециркуляция воды обеспечивает более высокое и стабильное производство продукции аквакультуры с меньшим риском возникновения болезней, а также лучшие возможности для контроля параметров, влияющих на рост, в инкубационных цехах. Развитие данных технологий находится в полном соответствии с принципами Кодекса ведения ответственного рыболовства ФАО и должно приветствоваться. Настоящее руководство по аквакультуре в УЗВ является дополнением усилий Субрегионального бюро ФАО по Центральной и Восточной Европе, направленных на развитие экологически устойчивой аквакультуры.

Технология рециркуляции воды также подразумевает, что более нет необходимости в размещении рыбоводных заводов в нетронутых районах возле рек. Теперь они могут строиться почти в любом месте, где имеется – намного меньший, чем прежде – источник чистой, не содержащей патогенов воды. Поэтому ФАО с удовольствием поддержала составление настоящего руководства, которое, как мы надеемся, сможет воодушевить рыбоводов и помочь им во внедрении установок замкнутого водоснабжения в будущем.



Томас Мот-Поульсен
Старший специалист по рыбному хозяйству
ФАО



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Ввиду необходимости обеспечения мирового населения качественной и здоровой рыбной продукцией, аквакультура, которая уже сейчас является одним из наиболее быстроразвивающихся сельскохозяйственно-продовольственных секторов, имеет большой потенциал к будущему развитию. Мировые промысловые уловы составляют около 90 миллионов тонн, тогда как среднегодовой прирост производства аквакультурной продукции является постоянным при мировом объеме производства около 70 миллионов тонн в 2013 г.

Повышенное внимание к устойчивости, потребительскому спросу, продовольственной безопасности и экономической эффективности в аквакультурном производстве требует постоянного развития новых производственных технологий. Как правило, аквакультура влияет на окружающую среду, но современные методы рециркуляции значительно снижают данное экологическое воздействие по сравнению с традиционными способами рыбоводства. Таким образом, установки замкнутого водоснабжения имеют два непосредственных преимущества: экономическую эффективность и меньшее воздействие на окружающую среду. В центре внимания настоящего руководства находятся способы преобразования традиционных методов рыбоводства в аквакультуру с использованием УЗВ. Оно также содержит советы рыбоводам, как избежать опасностей на этом пути.

Настоящее руководство основано на опыте одного из ведущих экспертов в данной области, Якоба Брайнбалле из компании «AKVA group». Мы надеемся, что оно пригодится рыбоводам, думающим о преобразовании своих хозяйств в УЗВ.



Аина Афанасьева
Директор
Еврофиш



Представление автора, Якоба Брайнбалле, и компании «AKVA group»

Якоб Брайнбалле из компании «AKVA group» имеет более чем 30-летний опыт в области аквакультуры с использованием УЗВ. Он руководит собственным рыбным хозяйством в Дании в течение 25 лет и участвовал в разработке многих технологических инноваций, направленных на усовершенствование УЗВ для производства широкого спектра объектов рыбоводства. Он также работал в качестве международного консультанта по аквакультуре и имеет степень магистра, полученную в Копенгагенском университете. Сегодня он – директор по продажам Отдела наземной аквакультуры компании «AKVA group», являющейся крупнейшей в мире по технологиям аквакультуры, охватывающей все аспекты производства на суше и в море. Компания имеет более чем 30-летний опыт в области проектирования и производства стальных и пластмассовых садков, вспомогательных судов, систем кормления, барж для кормления, сенсорных систем и программного обеспечения рыбоводства, и может обеспечить решения и поддержку для удовлетворения любых потребностей в области аквакультуры с использованием установок замкнутого водоснабжения.



Якоб Брайнбалле
AKVA group Denmark A/S
Roskildevej 342, Byg. 2
DK-2630 Taastrup, Copenhagen
Denmark

Тел.: (+45) 7551 3211
Моб.: (+45) 2068 0994

Факс: (+45) 7551 4211
www.akvagroup.com

AKVAGROUP™

This is the Russian translation of the 2015 version of the «[Guide to Recirculation Aquaculture](#),» produced by Eurofish.

Оглавление

Глава 1: Введение в аквакультуру в УЗВ.....	9
Глава 2: Установки замкнутого водоснабжения – шаг за шагом.....	15
Глава 3: Объекты рыбоводства в УЗВ.....	41
Глава 4: Планирование и осуществление проектов.....	51
Глава 5: Эксплуатация УЗВ.....	61
Глава 6: Очистка сточных вод.....	79
Глава 7: Заболевания.....	87
Глава 8: Анализ конкретных примеров.....	95
Список литературы	103
Приложение - Контрольный список для использования при внедрении систем рециркуляции	105

Глава 1: Введение в аквакультуру в УЗВ

Аквакультура в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), по сути, является технологией для выращивания рыб или других водных организмов с повторным использованием воды для целей производства. Данная технология основана на применении механических и биологических фильтров и, в сущности, может использоваться для выращивания любых объектов аквакультуры, например, рыб, креветок, двусторчатых моллюсков и т.д. Тем не менее, рециркуляционные технологии применяются, главным образом, в рыбоводстве. Настоящее руководство адресовано людям, занятым в данной области аквакультуры.

Рециркуляция быстро развивается во многих областях рыбоводного сектора. УЗВ используются в широком спектре производственных единиц: от огромных промышленных предприятий, ежегодно производящих много тонн пищевой рыбы, до небольших специализированных систем, используемых для пополнения запасов или для спасения исчезающих видов.

Рециркуляция воды может происходить с различной интенсивностью, в зависимости от того, какое количество воды рециркулируется или используется повторно. Некоторые хозяйства представляют собой сверхинтенсивные рыбоводные системы, расположенные в крытых, изолированных зданиях и использующих всего лишь 300 литров, или даже меньше, подпиточной воды в год на килограмм произведенной рыбы, тогда как другие системы являются традиционными хозяйствами под открытым небом, преобразованными в УЗВ и использующими около 3 м³ подпиточной воды в год на килограмм произведенной рыбы. Традиционные проточные системы для выращивания форели обычно используют около 30 м³ в год на



Иллюстрация 1.1 Крытая установка замкнутого водоснабжения.

килограмм произведенной рыбы. Если взять в качестве примера рыбоводное хозяйство, производящее 500 тонн рыбы в год, объем использованной подпиточной воды в приведенных примерах будет составлять 17 м³/час (ч), 171 м³/ч и 1 712 м³/ч, что является огромной разницей.

Степень рециркуляции также может быть рассчитана на основании следующей формулы:

$$(Внутренний\ расход\ воды\ в\ УЗВ / (внутренний\ расход\ воды\ в\ УЗВ + объем\ подпиточной\ воды)) \times 100$$

Данная формула была использована для расчета степени рециркуляции в системах с различными уровнями водообмена, показанных на иллюстрации 1.2, а также была сопоставлена с другими способами выражения скорости водообмена.

Тип системы	Потребление подпиточной воды в год на килограмм выращенной рыбы	Объем подпиточной воды в час (в кубометрах)	Суточное потребление подпиточной воды на объем системы	Степень рециркуляции (процент от объема системы, рециркулируемый за час)
Проточная	30 м ³	1 712 м ³ /ч	1 028 %	0 %
УЗВ с низким уровнем рециркуляции	3 м ³	171 м ³ /ч	103 %	95,9 %
УЗВ с высоким уровнем рециркуляции	1 м ³	57 м ³ /ч	34 %	98,6 %
УЗВ со сверхвысоким уровнем рециркуляции	0,3 м ³	17 м ³ /ч	6 %	99,6 %

Иллюстрация 1.2 Сравнение степени рециркуляции при различных уровнях водообмена в сопоставлении с другими способами выражения скорости водообмена. Расчеты основаны на теоретическом примере системы, производящей 500 тонн рыбы в год при общем объеме системы 4 000 м³, из чего объем рыбоводных бассейнов составляет 3 000 м³.

С экологической точки зрения, меньшее количество используемой в УЗВ воды, бесспорно, является благоприятным, поскольку во многих регионах вода превратилась в ограниченный ресурс. Благодаря меньшему потреблению воды, удаление продуктов жизнедеятельности рыб также становится более легким и дешевым, так как объем сточных вод намного меньше объема таковых в традиционных рыбоводных хозяйствах. Поэтому аквакультура в УЗВ может считаться наиболее экологическим методом производства рыбы в коммерчески жизнеспособных масштабах. Питательные вещества, произведенные выращиваемыми рыбами, могут использоваться в качестве удобрения на сельскохозяйственных землях, либо как сырье для производства биогаза.

В отношении рыбоводства иногда говорят о «безотходном» производстве. Несмотря на то, что полное предотвращение выпуска ила и воды с хозяйства, в принципе, возможно, полное удаление последних остатков, как правило, является дорогостоящим процессом. По этой причине, к заявлению на



Иллюстрация 1.3 УЗВ под открытым небом.

получение разрешения на строительство обязательно следует приложить заявление на получение разрешения на сброс загрязняющих веществ и сточных вод в окружающую среду.

Наиболее интересным, однако, является то, что ограниченное использование воды также дает большие преимущества с точки зрения продукции рыбоводного хозяйства. Традиционное рыбоводство полностью зависит от внешних условий, таких как температура воды в реке, чистота воды, уровень кислорода, растения и листья, плывущие по воде и забивающие

решетки водозаборов, и т.д. В УЗВ эти внешние факторы исключаются либо полностью, либо частично, в зависимости от степени рециркуляции и конструкции установки.

Рециркуляция позволяет рыбоведам полностью контролировать все производственные параметры, и навыки рыбоведа в управлении УЗВ становятся не менее важными, чем его способность к уходу за рыбами.

Контроль таких параметров, как температура воды, уровень кислорода или даже освещение, обеспечивает стабильные и оптимальные условия для рыб, что, в свою очередь, приводит к меньшему уровню стресса и лучшему росту. Результатом подобных стабильных условий становится постоянный и предсказуемый рост, позволяющий рыбоводу точно прогнозировать, когда рыба достигнет определенного этапа развития или размера. Важнейшим преимуществом этого является возможность составления точного производственного плана и точного прогнозирования времени, когда рыба будет готова к реализации. Это благоприятно влияет на общее управление хозяйством и улучшает способность рыбоводов к конкурентоспособной реализации рыбы.



Иллюстрация 1.4 Некоторые параметры, влияющие на рост и здоровье рыб.

Использование рециркуляционных технологий в рыбоводстве имеет еще много других преимуществ, которые будут рассмотрены в последующих главах настоящего руководства. Однако одним из важнейших таких преимуществ, о котором следует упомянуть уже сейчас, является аспект заболеваний. В УЗВ воздействие патогенов значительно снижено, поскольку попадание в установку инвазионных заболеваний из окружающей среды сведено к минимуму вследствие ограниченного использования воды. В обычных условиях вода для рыбоводства берется из реки, озера или моря,

что, естественно, повышает риск внесения заболеваний. В УЗВ, благодаря ограниченному потреблению воды, вода обычно берется из скважины, дренажной системы или ключа, где риск заболеваний минимален. Фактически, во многих УЗВ совсем нет проблем с заболеваниями, поэтому значительно снижается использование лекарственных средств, что благотворно влияет как на производство, так и на окружающую среду. Конечно, для достижения такого уровня рыбоводной практики очень важно, чтобы рыбовод уделял особое внимание поступающей на хозяйство икре или молоди.

Многие заболевания вносятся в систему с зараженной икрой или посадочным материалом. Для избежания внесения заболеваний таким путем лучше всего совсем не завозить извне рыбу, только икру, которая может быть полностью продезинфицирована.

Аквакультура требует знаний, правильного хозяйствования, упорства и, иногда, стальных нервов. Переход с традиционного рыбоводства на УЗВ облегчает многие процессы, однако, в то же время, требует новых и больших навыков. Для достижения успехов в этой передовой отрасли аквакультуры необходимо много учиться, для чего и было написано настоящее руководство.

Глава 2: Установки замкнутого водоснабжения – шаг за шагом

Чтобы удалять отходы, выделяемые рыбами, и добавлять кислород для поддержания жизни и здоровья рыб, воду в УЗВ необходимо постоянно очищать. УЗВ, по сути, является довольно простой системой. От водостока рыбоводных бассейнов вода поступает в механический фильтр, оттуда в биологический фильтр, затем она аэрируется, из нее удаляется углекислый газ, после чего она снова подается в рыбоводные бассейны. Это основной принцип рециркуляции.

К данной системе можно добавить ряд других элементов, например, оксигенацию с использованием чистого кислорода, дезинфекцию с помощью ультрафиолетового излучения или озона, автоматическую регуляцию уровня pH, теплообмен, систему денитрификации и т.д., в зависимости от конкретных потребностей.



Иллюстрация 2.1 Изображение принципа УЗВ. Основная система очистки воды состоит из механической фильтрации, биологической очистки и аэрации/дегазации. В зависимости от потребностей можно также добавить другие установки, например, для обогащения кислородом или УФ-дезинфекции.

Рыбы на рыбном хозяйстве должны получать корм по несколько раз в день. Корм съедается и переваривается ими и используется в обмене веществ, обеспечивая энергию и питательные вещества для роста и других физиологических процессов. Кислород (O₂) поступает через жабры и необходим для производства энергии и расщепления белков,

тогда как углекислый газ (CO_2) и аммиак (NH_3) производятся как отходы. Непереваренный корм выделяется в воду в форме экскрементов, называемых также взвешенными веществами (ВВ) и органическим веществом. Углекислый газ и аммиак выделяются в воду через жабры. Итак, рыбы потребляют кислород и корм, в результате чего вода в системе загрязняется экскрементами, углекислым газом и аммиаком.

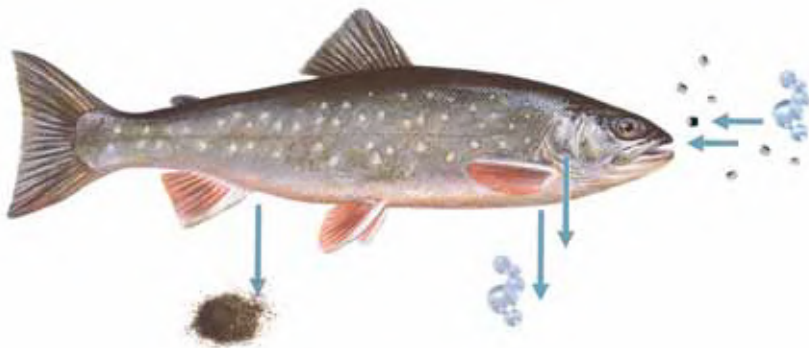


Иллюстрация 2.2 Результатом потребления кормов и кислорода является рост рыб и выделение отходов, таких как углекислый газ, аммиак и экскременты.

В УЗВ рекомендуется использовать только сухие корма. Необходимо избегать применения сорной рыбы в любой форме, поскольку она сильно загрязняет систему и значительно повышает вероятность заражения различными заболеваниями. Использование сухих кормов является безопасным, и их преимущество также заключается в том, что они составлены таким образом, чтобы точно соответствовать биологическим потребностям рыб. Сухие корма вносятся в форме гранул различного размера, подходящих для любого этапа развития рыб, а ингредиенты сухих кормов могут комбинироваться различным образом, что позволяет разрабатывать специализированные корма: стартовые, продукционные, для ремонтно-маточного стада и т.д.

В установках замкнутого водоснабжения благоприятным является высокий коэффициент использования кормов, поскольку он сводит к минимуму количество выделяемых отходов, что, в свою очередь, снижает нагрузку на водоочистные системы. В профессионально управляемой системе все выдаваемые корма съедаются, что сводит количество несъеденного корма к минимуму. Кормовой коэффициент (КК), показывающий, сколько килограммов корма используется на каждый килограмм произведенной рыбы, улучшается, и рыбовод получает больший выход продукции и меньшее

воздействие на систему фильтрации. Несъеденный корм означает лишнюю трату денег и приводит к излишней нагрузке на систему фильтрации. Следует отметить, что существуют корма, особенно подходящие для использования в УЗВ. Состав подобных кормов направлен на максимизацию усвоения протеинов и, соответственно, сведения к минимуму выделения аммиака в воду.

Размер гранул	Вес рыб, г	Протеины	Жиры
3 мм	40 – 125	43%	27 %
4,5 мм	100 – 500	42 %	28 %
6,5 мм	400 – 1200	41 %	29 %

Состав, %	3 мм	4,5 мм	6,5 мм
Рыбная мука	22	21	20
Рыбий жир	9	10	10
Рапсовое масло	15	15	16
Гемоглобиновая мука	11	11	11
Горох	5	5	5
Соя	10	11	11
Пшеница	12	11	11
Пшеничный глютен	5	5	5
Другие белковые концентраты	10	10	10
Витамины, минеральные добавки и т.д.	1	1	1

Иллюстрация 2.3 Ингредиенты и состав форелевого корма, пригодного для использования в УЗВ. Источник: Биомар.

Составные части УЗВ

Рыбоводные бассейны

Свойства бассейна	Круглый бассейн	Прямоточный бассейн с закруглёнными углами	Прямоточный бассейн
Способность к самоочищению	5	4	3
Малое время пребывания твердых частиц	5	4	3
Контроль и регуляция кислорода	5	5	4
Использование пространства	2	4	5

Иллюстрация 2.4 Различные конструкции бассейнов имеют различные свойства и преимущества. Шкала оценок по пятибалльной шкале, где 5 – лучше всего.

Условия в рыбоводных бассейнах, как качество воды, так и конструкция бассейнов, должны соответствовать потребностям рыб. Правильный выбор конструкции бассейнов, то есть размера и формы, глубины воды, способности к самоочищению и т.д., может оказать значительное воздействие на эффективность выращивания объектов рыбоводства.

Если рыбы ведут донный образ жизни, наиболее важной является площадь поверхности, а глубина воды и скорость течения могут быть снижены (тюрбо, морской язык или другие камбалообразные), тогда как для пелагических видов, например, лососевых, большой объем воды является более благоприятным и эффективность их выращивания бывает выше при большей скорости течения воды.

В круглом бассейне или квадратном бассейне со срезанными углами вода движется по кругу, вследствие чего вся масса воды в бассейне вращается вокруг центра. Вследствие этой гидравлической закономерности, обеспечивающей самоочищающий эффект, время пребывания органических частиц является относительно коротким, порядка нескольких минут, и зависит от размера бассейна. Вертикальный водозабор с установкой для

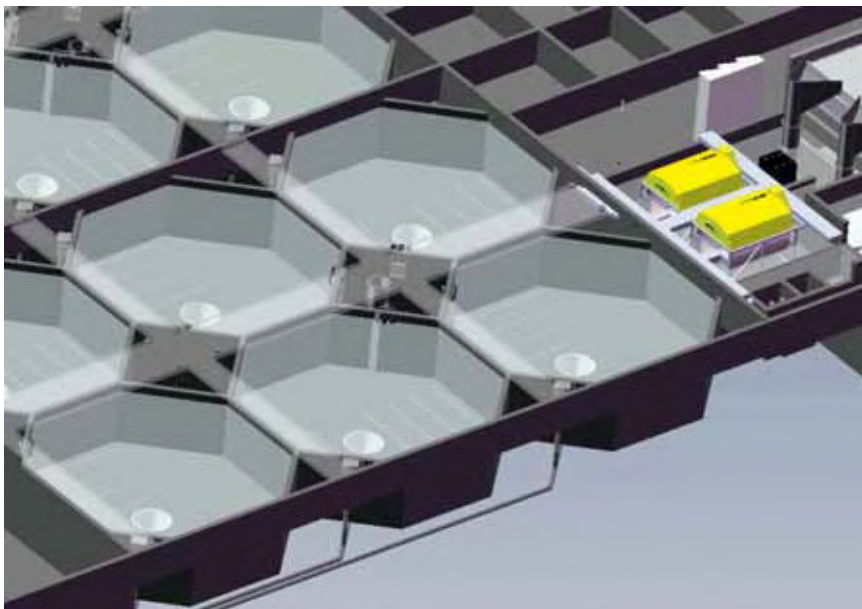


Иллюстрация 2.5 Пример восьмиугольной конструкции бассейнов УЗВ, экономящей место, но достигающей тех же положительных гидравлических эффектов, что и круглые бассейны. Источник: AKVA group).

горизонтального регулирования является эффективным средством для контроля течения в подобных бассейнах.

В прямоточных бассейнах («рейсвеях») гидравлика не имеет положительного воздействия на удаление частиц. С другой стороны, при эффективном зарыблении, способность бассейнов данного типа к самоочищению зависит в большей мере от активности рыб, чем от конструкции бассейна. Уклон дна бассейна не влияет или почти не влияет на способность к самоочищению, но при спуске бассейна он помогает полностью спустить воду.

По сравнению с прямоточными, круглые бассейны занимают больше места, что повышает стоимость строительства здания. Срезав углы квадратного бассейна мы получим восьмиугольную форму, лучше использующую пространство, чем круглые бассейны, но одновременно обеспечивающую тот же положительный гидравлический эффект (см. иллюстрацию 2.5). Важно отметить, что при постройке крупных бассейнов предпочтение всегда отдается круглой форме, поскольку она является наиболее прочной конструкцией, а также наиболее дешевым способом сооружения бассейнов.

Тип бассейнов, занимающий промежуточное место между круглыми и прямоугольными бассейнами, так называемый прямоугольный бассейн (рейсвей) с закруглёнными углами, совмещает способность к самоочищению круглых бассейнов и эффективное использование пространства, типичное для прямоугольных бассейнов. Однако на практике данный тип бассейнов используется редко, предположительно потому, что его установка требует дополнительной работы и новых методов управления.

Большую важность в рыбоводстве имеет подходящая концентрация кислорода для обеспечения физического благополучия рыб. Она обычно поддерживается на высоком уровне путем увеличения концентрации кислорода у водозабора данного бассейна.

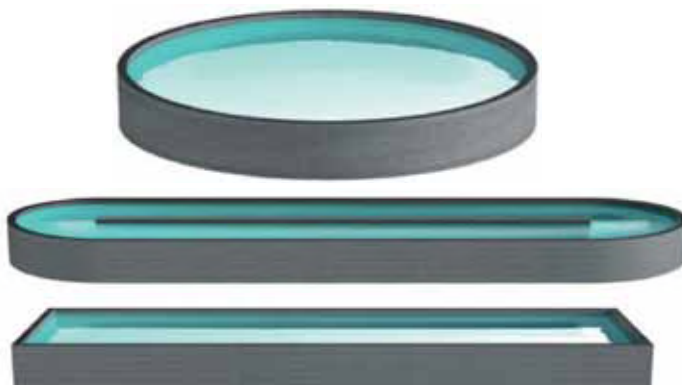


Иллюстрация 2.6 Различные типы бассейнов: круглый, прямоугольный с закруглёнными углами и прямоугольный.

Возможно также непосредственное добавление чистого кислорода в воду посредством распылителей, но это – менее эффективный и более дорогостоящий метод.

Контроль и регуляция уровня кислорода в круглых бассейнах или других подобных конструкциях осуществляются относительно просто, поскольку водяной столб постоянно перемешивается, вследствие чего содержание кислорода является практически одинаковым во всем бассейне. Это означает, что поддерживать желаемый уровень кислорода в бассейне очень легко. Оксиметр, размещенный близко к водостоку бассейна, достаточно точно покажет количество имеющегося кислорода. Он также довольно быстро регистрирует эффект от добавленного в круглый бассейн кислорода. Однако оксиметр не следует помещать вблизи места насыщения воды чистым кислородом или забора богатой кислородом воды.

С другой стороны, в проточных бассейнах содержание кислорода всегда выше у водозабора и ниже у водостока, вследствие чего условия различаются в зависимости от того, где плавают отдельные рыбы. Оксиметр для измерения концентрации кислорода в воде всегда должен размещаться в зоне с наиболее низким содержанием кислорода, которая находится вблизи водостока. Этот градиент кислорода по течению затрудняет регуляцию концентрации кислорода, поскольку время между повышением или понижением уровня кислорода у водозабора и его регистрацией у водостока может составлять до одного часа. Данная ситуация может привести к постоянному повышению и понижению концентрации кислорода, вместо небольших колебаний вокруг заданного уровня. Тем не менее, установка современных систем контроля уровня кислорода, использующих алгоритмы и временные константы, может предотвратить эти нежелательные колебания.

Водостоки бассейнов должны быть сконструированы таким образом, чтобы они обеспечивали оптимальное удаление частиц отходов, и должны снабжаться решетками с подходящим размером отверстий. Удаление погибших рыб во время ежедневного обслуживания также должно происходить просто.

Для полного контроля бассейны нередко снабжены сенсорами уровня воды, концентрации кислорода и температуры. Можно также установить распылители для прямой оксигенации каждого бассейна в случае аварийной ситуации.

Механическая фильтрация

Как показывает опыт, механическая фильтрация воды, вытекающей из рыбоводных бассейнов, является единственным практичным методом удаления органических отходов. Сегодня почти все хозяйства, использующие УЗВ, фильтруют воду, вытекающую из бассейнов, с помощью так называемого «микросита», снабженного фильтровальной тканью с размером пор 40–100 микрон. Наиболее широко используемым типом микросит, несомненно, является барабанный фильтр. Его конструкция обеспечивает мягкое удаление частиц.

Функционирование барабанного фильтра:

1. Фильтруемая вода поступает в барабан.
2. Вода профильтровывается через фильтровальные элементы барабана. Движущей силой фильтрации является разница уровней воды внутри и вне барабана.

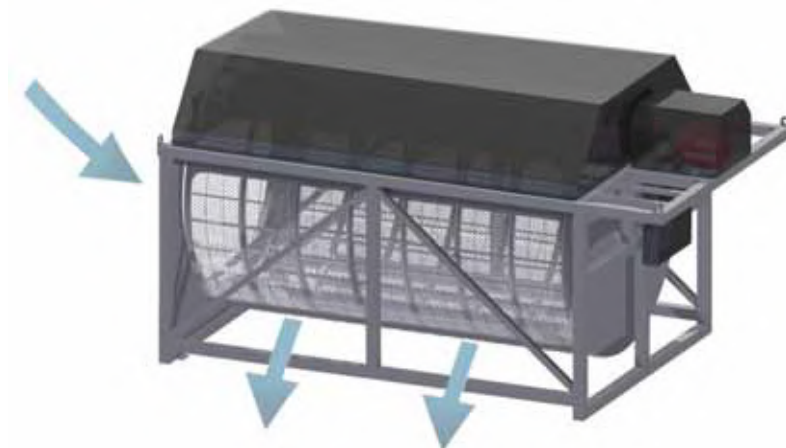


Иллюстрация 2.7 Барабанный фильтр. Источник: СМ Aqua.

3. Твердые частицы задерживаются на фильтровальных элементах и поднимаются к зоне обратной промывки вследствие вращения барабана.
4. Вода из промывочных форсунок распыляется с внешней стороны фильтровальных элементов. Удаленное органическое вещество вымывается из фильтровальных элементов на шламовый поддон.
5. Шлам вытекает самотеком вместе с водой из фильтра и удаляется с территории рыбного хозяйства на внешнюю установку для очистки сточной воды (см. главу 6).

Фильтрация с использованием микросит имеет следующие преимущества:

- Снижение органической нагрузки на биофильтр.
- Очищение воды путем удаления из нее органических частиц.
- Улучшение условий нитрификации путем предотвращения забивания биофильтра.
- Стабилизирующее воздействие на процессы биофильтрации.

Биологическая очистка

Механический фильтр не удаляет все органические вещества, самые мелкие частицы проходят сквозь него так же, как и растворенные вещества, такие как фосфат или азот. Фосфат является инертным соединением без токсичных эффектов, но азот в форме свободного аммиака (NH_3) токсичен и должен быть преобразован в биофильтре в безвредный нитрат. Разложение

органического вещества и аммиака является биологическим процессом, осуществляющимся присутствующими в биофилтре бактериями. Гетеротрофные бактерии окисляют органическое вещество, потребляя кислород и производя углекислый газ, аммиак и шлам. Нитрифицирующие бактерии преобразуют аммиак в нитрит, а затем в нитрат.

Эффективность биофильтрации зависит главным образом от следующих факторов:

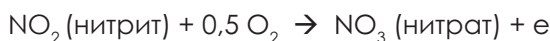
- Температуры воды в системе.
- pH системы.

Для достижения приемлемой скорости нитрификации температура воды должна быть в пределах 10–35°C (оптимально около 30°C), а уровень pH – между 7 и 8. Температура воды чаще всего зависит от выращиваемого вида и, соответственно, устанавливается не с учетом оптимальной скорости нитрификации, а для обеспечения оптимального роста рыбы. С другой стороны, при регулировании pH важно учитывать эффективность биофильтра, поскольку при низких значениях pH эффективность биофильтрации снижается. По этой причине, для достижения высокой скорости бактериальной нитрификации pH должен удерживаться выше 7. С другой стороны, более высокий pH приводит к растущему количеству свободного аммиака (NH_3), что усиливает токсичный эффект. Таким образом, необходимо найти равновесие между этими двумя противоположными целями регулирования pH. Рекомендуемая точка находится между pH 7,0 и pH 7,5.

Значение pH в водоочистой системе определяется двумя основными факторами:

- Количеством углекислого газа (CO_2), произведенного рыбами, а также за счет биологической активности в биофилтре.
- Количеством кислоты, произведенной в процессе нитрификации.

Результат нитрификации:



CO_2 удаляется с помощью аэрации воды, причем на данном этапе также происходит дегазация. Этот процесс может осуществляться различными способами, как будет описано далее в настоящей главе.

В процессе нитрификации образуется кислота (H^+), понижающая уровень pH. Стабилизация pH требует добавления какого-либо основания. С этой целью к воде добавляется известь, гидроксид натрия (NaOH) или другое основание.

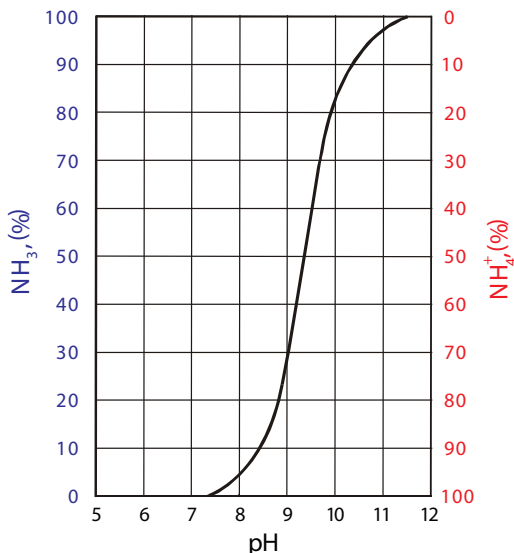


Иллюстрация 2.8 Равновесие между аммиаком (NH_3) и аммонием (NH_4^+) при температуре 20°C. При значениях pH ниже 7 токсичный аммиак отсутствует, но, по мере увеличения pH, его уровень быстро растет.

Рыбы выделяют смесь аммиака и аммония (общий аммонийный азот (TAN) = аммоний (NH_4^+) + аммиак (NH_3)); основную часть этих выделений составляет аммиак. Однако количество аммиака в воде зависит от значения pH, как видно по иллюстрации 2.8, показывающей равновесие между аммиаком (NH_3) и аммонием (NH_4^+).

Как правило, аммиак токсичен для рыб при уровнях выше 0,02 мг/л. Иллюстрация 2.9 показывает максимальные допустимые концентрации TAN, при которых уровень аммиака остается ниже 0,02 мг/л. Хотя более низкие значения pH сводят к минимуму опасность превышения токсичного уровня аммиака 0,02 мг/л, как упоминалось выше, для большей эффективности работы биофильтра рыбоводам рекомендуется достичь, как

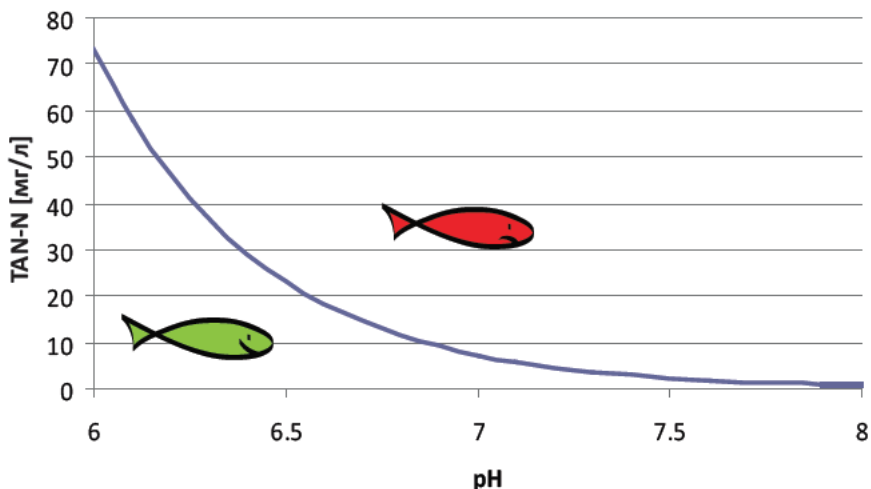


Иллюстрация 2.9 Соотношение между измеренным pH и количеством TAN, которое может быть разложено в биофильтре, исходя из концентрации токсичного аммиака 0,02 мг/л.

минимум, уровня pH = 7. К сожалению, как видно по иллюстрации 2.9, в таком случае общая допустимая концентрация TAN значительно снижается. Таким образом, существуют два противоположных рабочих вектора pH, которые рыбоводу следует принять во внимание при регулировании своего биофильтра.

Нитрит (NO_2) образуется на промежуточном этапе процесса нитрификации и токсичен для рыб при уровнях выше 2,0 мг/л. Если рыбы, содержащиеся в УЗВ, хватают воздух, несмотря на подходящую концентрацию кислорода, причиной тому может быть высокая концентрация нитрита. При высоких концентрациях нитрит попадает через жабры в кровь рыб, где он препятствует поглощению кислорода. Добавление в воду соли, даже при столь низкой концентрации, как 0,3‰, препятствует поглощению нитрита.

Нитрат (NO_3) является конечным продуктом процесса нитрификации и, хотя и считается безвредным, его высокие концентрации (выше чем 100 мг/л), по-видимому, отрицательно влияют на рост и эффективность питания. Если подпитку системы свежей водой держать на очень низком уровне, нитрат накапливается, достигая непозволительно высоких концентраций. Одним из методов избежания его аккумуляции является увеличение обмена свежей воды, посредством которого высокая концентрация разбавляется до более низкого и безвредного уровня.

С другой стороны, основной идеей рециркуляции является экономия воды, а в некоторых случаях экономия воды даже является ее наиболее важной целью. В таком случае концентрация нитрата может быть снижена путем денитрификации. В нормальных условиях для разбавления имеющихся концентраций нитрата требуется более 300 литров воды на килограмм использованного корма. Если Вы используете меньше чем 300 литров воды на килограмм внесенного корма, Вам стоит рассмотреть возможность использования денитрификации.

Наиболее распространенные денитрифицирующие бактерии называются *Pseudomonas*. Денитрификация – это анаэробный (протекающий в отсутствии кислорода) процесс, восстанавливающий нитрат до атмосферного азота. По сути, этот процесс удаляет азот из воды в атмосферу, тем самым снижая нагрузку азота на окружающую среду. Для процесса необходим источник органического вещества (углерода), например, древесный спирт (метанол), который может добавляться в денитрификационную камеру. На практике денитрификация каждого килограмма нитрата ($\text{NO}_3\text{-N}$) требует 2,5 кг метанола.

Денитрификационная камера чаще всего бывает снабжена наполнителем для биофильтрации с проектным временем пребывания 2–4 часа. Расход воды должен контролироваться таким образом, чтобы концентрация кислорода у водостока составляла около 1 мг/л. Полное истощение содержания кислорода приводит к производству большого количества сероводорода (H_2S), который исключительно токсичен для рыб, а также дурно пахнет (запах тухлых яиц). В итоге производятся большие объемы

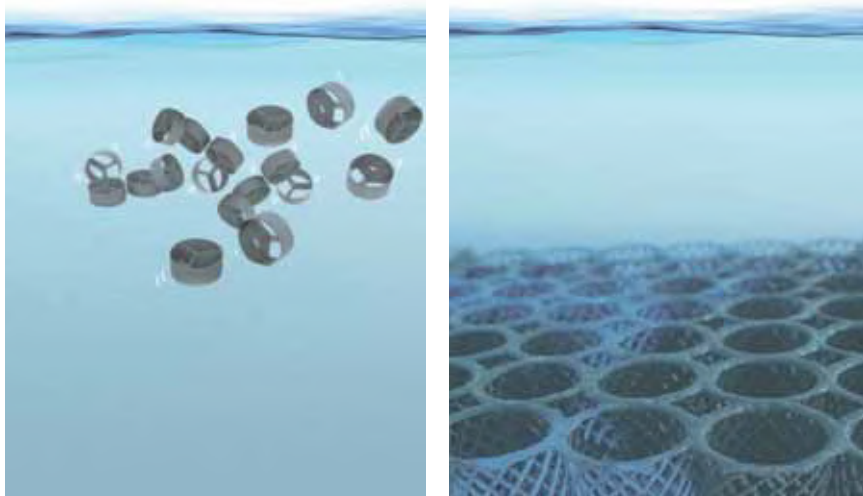
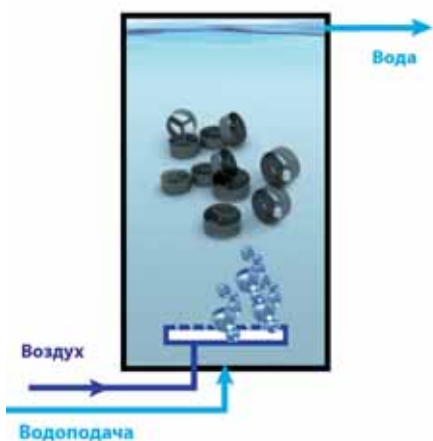


Иллюстрация 2.10 Слева: плавающая загрузка, справа: неподвижная загрузка.

шлама, ввиду чего становится необходимой обратная промывка блока, которая производится, как правило, раз в неделю.

В биофильтрах обычно используется пластмассовый наполнитель с большой площадью поверхности на единицу объема биофильтра. На наполнителе растут бактерии, образуя тонкую пленку и, таким образом, занимая очень большую площадь. В хорошо спроектированном биофильтре площадь поверхности на единицу объема должна быть как можно больше, однако биофильтр не должен быть наполнен слишком плотно, чтобы не забиться органическим веществом в процессе эксплуатации. Поэтому важно иметь высокий процент свободного пространства, через которое может протекать вода, а также хорошее течение через биофильтр и подходящую процедуру обратной промывки. Подобные процедуры обратной промывки должны применяться через подходящие промежутки времени, раз в неделю или месяц, в зависимости от нагрузки на фильтр. Для создания в



фильтре турбуленции, отделяющей органический материал от наполнителя, используется сжатый воздух. Во время промывки вода отключается от биофильтра. Грязная вода сливается и удаляется, после чего биофильтр опять подключается к системе.

Биофильтры УЗВ могут быть спроектированы как фильтры с плавающей или неподвижной загрузкой. Все биофильтры, используемые сегодня в рециркуляции, при эксплуатации полностью погружены в воду.

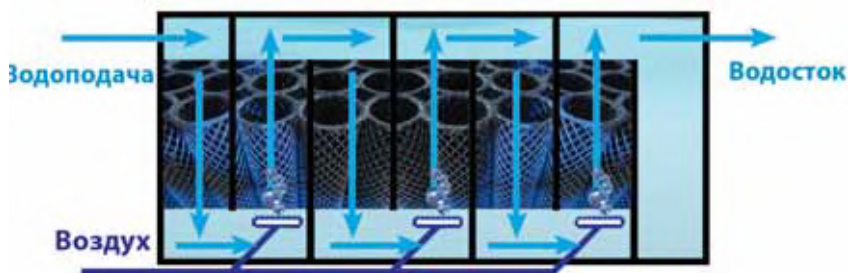


Иллюстрация 2.11 Биофильтры с плавающей (сверху) и неподвижной загрузкой (снизу).

В фильтрах с неподвижной загрузкой пластмассовый наполнитель закреплен и не движется. Вода протекает через него ламинарным потоком и соприкасается с бактериальной пленкой. В фильтрах с плавающей загрузкой пластмассовый наполнитель движется в воде, находящейся внутри биофильтра, за счет течения, созданного нагнетаемым внутрь воздухом. Из-за постоянного движения наполнителя фильтры с плавающей загрузкой могут быть наполнены плотнее, чем фильтры с неподвижной загрузкой, благодаря чему достигается более высокая скорость оборота воды на единицу площади фильтра нет существенных различий, так как эффективность бактериальной пленки в двух типах фильтра более или менее одинакова. С другой стороны, фильтры с неподвижной загрузкой удаляют также мелкие органические частицы, поскольку те пристаю к бактериальной пленке. Поэтому фильтры с неподвижной загрузкой также функционируют как блоки для тонкой механической фильтрации, удаляющие органический материал микроскопического размера и очищающие воду очень эффективно. В фильтрах с плавающей загрузкой невозможно достичь подобного эффекта, поскольку постоянная турбулентность воды не позволяет частицам задержаться на поверхности.

Обе системы фильтрации могут использоваться в одной и той же системе и могут комбинироваться, используя плавающую загрузку для экономии места, а неподвижную – для использования эффекта задержания частиц на поверхности. Существуют различные решения конечной конструкции систем биофильтрации, в зависимости от размера хозяйства, объектов выращивания, размера рыб и т.д.

Дегазация, аэрация и стриппинг

Перед возвращением воды в рыбоводные бассейны необходимо удалить из нее скопившиеся газы, приносящие вред для рыб. Этот процесс дегазации осуществляется либо путем аэрации воды, либо методом, который называют стриппингом или отдувкой. В воде в наибольшей концентрации содержится углекислый газ (CO_2) от дыхания рыб и бактерий из биофильтра, а также присутствует свободный азот (N_2). Накопление углекислого газа и азота отрицательно влияет на здоровье и рост рыб. В анаэробных условиях может производиться сероводород (H_2S), особенно в системах с морской водой. Этот газ исключительно токсичен для рыб даже в малых концентрациях, поэтому, если в системе производится сероводород, рыба гибнет.



Иллюстрация 2.12 Система с аэрационным колодцем.

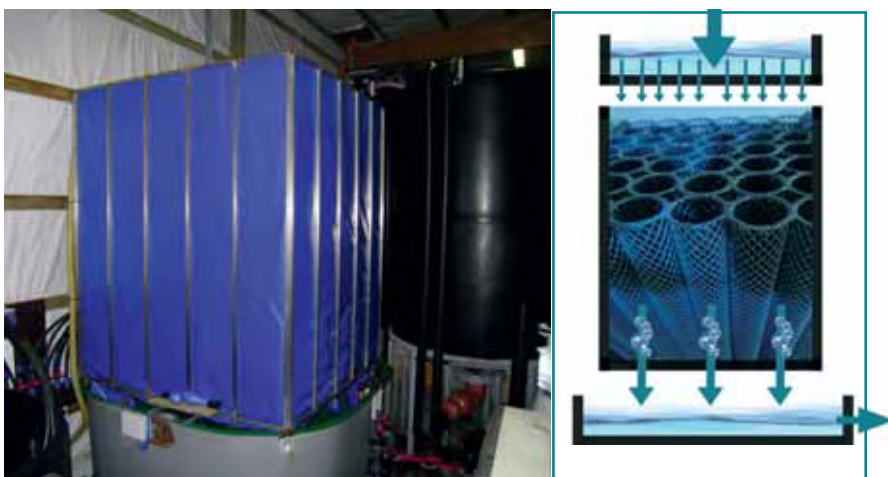


Иллюстрация 2.13 Фотография и схема капельного фильтра, обернутого синей пластмассовой пленкой для избежания брызг на полу (Billund Akvakulturservice, Дания). Такой процесс аэрации/отдувки также называют стриппингом CO_2 . Как правило, наполнитель в капельном фильтре бывает того же самого типа, который используется в биофильтрах с неподвижной загрузкой – см. иллюстрацию 2.10.

Аэрация осуществляется путем нагнетания воздуха в воду. При этом турбулентное соприкосновение воздушных пузырьков и воды удаляет газы. Эта система подводной аэрации также позволяет одновременно двигать воду, например, при использовании системы с аэрационным колодцем (см. иллюстрацию 2.12).

Тем не менее, система с аэрационным колодцем удаляет газы менее эффективно, чем система с капельным фильтром, которую также называют дегазатором. В системе с капельным фильтром газы удаляются посредством физического контакта между водой и пластмассовым наполнителем, уложенным в колонну. Вода подается на верхнюю поверхность фильтра через пластину-распределитель с отверстиями и стекает через пластмассовый наполнитель, обеспечивая максимальную турбулентность и контакт для так называемого процесса стриппинга.

Оксигенация

Процесс аэрации, который с точки зрения физики является идентичным процессу дегазации или стриппинга, добавляет в воду некоторое количество кислорода посредством простого обмена газов в воде и воздухе, зависящего от насыщенности воды кислородом. В состоянии равновесия насыщенность воды кислородом составляет 100%. Когда вода проходит через рыбоводные бассейны, содержание кислорода понижается, обычно до 70%, а в биофилтре оно становится еще ниже. Как правило, аэрация



Иллюстрация 2.14 Кислородный конус для растворения чистого кислорода в воде под высоким давлением и сенсор (датчик) для измерения насыщенности воды кислородом. Источник: AKVA group/ Oxyguard International.

воды повышает насыщенность приблизительно до 90%, а в некоторых системах можно достичь даже 100%. Тем не менее, в поступающей воде часто предпочтительнее иметь насыщенность кислородом, превышающую 100%, чтобы количество доступного кислорода было достаточным для высокого и стабильного темпа роста рыбы. Для достижения более высоких уровней насыщенности требуется система оксигенации, использующая чистый кислород.

Чистый кислород часто поставляется в баллонах в форме жидкого кислорода, но также может производиться прямо на хозяйстве с помощью генератора кислорода. Есть несколько методов получения перенасыщенной воды с содержанием кислорода до 200-300%. Обычно для этого используются системы высокого давления (с кислородными конусами) или оксигенационные системы низкого давления, такие как кислородные платформы. Принцип их действия идентичен. Вода и чистый кислород смешиваются под давлением, которое обеспечивает переход кислорода в воду. В кислородном конусе давление обеспечивается насосом, обычно создающим внутри конуса давление около 1,4 бар. Подача воды в конус под напором потребляет много электричества. В кислородных платформах давление значительно ниже, как правило, около 0,1 бар. Вода просто перекачивается через камеру, в процессе чего вода и кислород смешиваются.

Две эти системы различаются тем, что в кислородных конусах для обогащения воды кислородом используется лишь часть циркулирующей воды, тогда как кислородная платформа устанавливается в основном кругу рециркуляции, нередко как элемент общей циркуляции воды внутри системы.

Какой бы способ ни использовался, процесс следует контролировать путем замеров концентраций кислорода. Лучшим методом для этого является установка оксиметра после системы оксигенации, таким образом, чтобы



Иллюстрация 2.15 Кислородная платформа для растворения чистого кислорода в воде при низком давлении в процессе её циркуляции по хозяйству. Данная система обычно повышает насыщенность поступающей в рыбководные бассейны воды кислородом до чуть более, чем 100%, в зависимости от скорости циркуляции и планировки хозяйства. Источник: FREA Aquaculture Solutions

измерения производились при нормальном атмосферном давлении, к примеру, в камере для измерения, предоставленной поставщиком. В этом случае проведение замеров становится более простым, чем если бы оно происходило под давлением, поскольку датчик время от времени должен вытираться дочиста и заново калиброваться.

Ультрафиолетовое излучение

УФ-дезинфекция основана на применении излучения с длиной волн, разрушающей ДНК в биологических организмах. В аквакультуре она направлена против патогенных бактерий и одноклеточных организмов. Данный метод обработки используется в медицине на протяжении десятилетий и не влияет на рыб, поскольку УФ-обработка воды происходит вне рыбоводной зоны. Важно понимать, что на органическом веществе бактерии растут так быстро, что контроль их численности в традиционных рыбных хозяйствах имеет лишь ограниченную эффективность. Наилучший контроль достигается в тех случаях, когда эффективная механическая фильтрация комбинируется с тщательной биофильтрацией, что эффективно удаляет органические вещества из используемой в рыбоводном процессе воды и, таким образом, повышает эффективность УФ-излучения.

Доза УФ-излучения может быть выражена в различных единицах. Одной из наиболее широко используемых является измерение в микроватт-секундах на см^2 ($\text{мкВт}\cdot\text{с}/\text{см}^2$). Эффективность зависит от размеров и видов организмов,



Иллюстрация 2.16 Закрытая и открытая системы для УФ-обработки для установки, соответственно, в закрытом трубопроводе и в открытой системе каналов. Источник: ULTRAAQUA.

которые нужно уничтожить, а также от мутности воды. Для удаления бактерий и вирусов вода должна быть обработана приблизительно 2 000–10 000 мкВт·с/см², чтобы убить 90% организмов; для грибов потребуется 10 000–100 000 мкВт·с/см², а для микроскопических паразитов – 50 000–200 000 мкВт·с/см².

Для максимальной эффективности используемое в аквакультуре УФ-излучение должно работать под водой; лампы, укрепленные над водой, из-за отражения с поверхности воды будут иметь незначительный эффект или вообще не иметь его.

Озон

Использование озона (O₃) в рыбоводстве неоднократно критиковалось, поскольку эффекты его передозировки могут нанести рыбам серьезный вред. В рыбоводных установках, расположенных внутри зданий, озон также может причинить вред людям, работающим в данной зоне, так как они могут вдыхать слишком много озона. По этой причине, правильная дозировка и мониторинг подачи, наряду с подходящей вентиляцией, имеют ключевое значение для достижения положительных и безопасных результатов.

Обработка озоном является эффективным способом уничтожения нежелательных организмов, что достигается посредством интенсивного окисления органического вещества и биологических организмов. Технология обработки озоном разбивает микрочастицы на молекулярные соединения, которые затем соединяются повторно, образуя более крупные частицы. Благодаря этому процессу флокуляции, микроскопические взвешенные частицы, которые слишком малы для того, чтобы их уловить, могут быть удалены из системы, вместо того, чтобы проходить через различные типы фильтров УЗВ. Эта технология также называется «полирующей» очисткой воды, поскольку она делает воду более прозрачной и свободной от взвешенных твёрдых частиц, а также от возможных бактерий, находящихся на их поверхности. Она особо подходит для инкубационных цехов и рыбопитомников, направленных на выращивание мальков, поскольку те чувствительны к микрочастицам и бактериям в воде.

Обработка озоном может также использоваться, когда следует дезинфицировать воду, поступающую в УЗВ.

Стоит отметить, что УФ-обработка во многих случаях является хорошей и безопасной альтернативой озону.



Иллюстрация 2.17 Насос-дозатор для регулирования рН путем добавления заранее заданных количеств NaOH. Для полной автоматизации регулирования уровня рН насос может быть подключен к датчику рН.

Регуляция рН

В процессе нитрификации в биофилтре образуется кислота и значения рН понижаются. Для удержания рН на стабильном уровне к воде следует добавить основание.

Некоторые системы содержат установки для известкования, добавляющие в систему по каплям известковую воду и, таким образом, стабилизирующие рН. Другой возможностью является система автоматической дозировки, регулируемая рН-метром с импульсом обратной связи к насосу-дозатору. В этой си-

стеме рекомендуется использовать гидроксид натрия (NaOH), поскольку он более прост в обращении, что облегчает эксплуатацию системы. Гидроксид натрия – сильная щелочь, которая может причинить тяжелые ожоги глаз и кожи. При обращении с ним, так же как и с другими сильными кислотами и щелочами, следует принимать меры предосторожности и надевать очки и перчатки.

Регуляция температуры воды

Поддержание оптимальной температуры воды в системе выращивания является важнейшей задачей, поскольку скорость роста рыб напрямую связана с температурой воды. Использование поступающей в систему воды является относительно простым способом ежедневной регуляции температуры. В крытой УЗВ в воде постепенно накапливается тепло, поскольку энергия из метаболизма рыб и бактериальной активности в биофилтре освобождается в форме тепла. Также происходит накопление тепла от трения в насосах и использования других установок. Поэтому высокие температуры в системе являются частой проблемой интенсивных УЗВ. Температура может легко регулироваться путем изменения количества прохладной свежей воды, поступающей в систему.

Если возможности охлаждения с помощью поступающей воды ограничены, можно использовать тепловой насос. Данное устройство использует

энергию, которая в обычных условиях теряется с вытекающей с хозяйства водой или же уходит в воздух, и с помощью этой энергии охлаждает циркулирующую на хозяйстве воду. Похожим способом снижения расходов на отопление/охлаждение является сохранение энергии посредством теплообменника. Энергия сточных вод, вытекающих с хозяйства, передается поступающей на хозяйство холодной воде, и наоборот. Этого можно добиться, пропуская оба потока через теплообменник (но не смешивая их), где теплая сточная вода теряет энергию и тепло, передавая их холодной поступающей воде. Также можно установить в систему вентиляции теплообменник для воздуха, который будет использовать энергию выходящего воздуха и передавать ее поступающему воздуху, что значительно снизит потребность в отоплении.

В холодных климатических условиях может потребоваться отопление воды. Тепло может поступать из любого источника, например, масляного или газового котла, и, независимо от источника энергии, поступать в теплообменник для отопления рециркулируемой воды. Тепловые насосы являются экологическим методом отопления и могут использовать для отопления энергию океана, реки, скважины или воздуха. Они также могут быть использованы для передачи энергии из одной УЗВ в другую, то есть отопления одной системы и охлаждения другой. Как правило, они используют энергию, например, океана, посредством титанового теплообменника, передают ее системе, нуждающейся в отоплении, и освобождают тепло с помощью другого теплообменника.

Насосы

Циркуляция используемой для производства воды в системе осуществляется с помощью насосов различного типа. Как правило, перекачивание воды требует больших затрат энергии. Для сведения эксплуатационных расходов к минимуму важно, чтобы высота подачи воды была малой, а насосы – эффективными и правильно установленными.

По возможности, подъем воды должен происходить только один раз за рециркуляционный цикл, после чего вода течет самотеком через всю систему обратно в приямок насоса. Насосы чаще всего размещаются перед системами биофильтрации и дегазации, так как именно здесь начинается процесс водоподготовки. В любом случае, они должны располагаться после механического фильтра, чтобы не разбивать твердые частицы, сбрасываемые из рыбоводных бассейнов.

Общая высота подачи насоса рассчитывается как сумма фактической высоты подачи и потерь напора в прямых участках и изгибах труб, а также в других частях системы. Это также называется скоростным напором. Если,

перед проходом через дегазатор, вода перекачивается через погружной биофильтр, следует также учитывать противодействие от биофильтра. Детальное обсуждение гидромеханики и насосов выходит за рамки настоящего руководства.

Сегодня в большинстве интенсивных рециркуляционных систем общая высота подачи воды составляет около 2–3 метров, вследствие чего наиболее эффективным способом для обеспечения циркуляции основного потока является использование насосов низкого давления. С другой стороны, для процесса растворения чистого кислорода в используемой для производства воде требуются центробежные насосы, поскольку они способны создать необходимое высокое давление в конусах. В некоторых системах, где высота подачи воды в основном цикле рециркуляции очень низка, вода движется без использования насосов, за счет нагнетания воздуха в аэрационные колодцы. В этих системах дегазация и перемещение воды осуществляются в одном процессе, что позволяет поднимать воду на малую высоту. Однако эффективность дегазации и перемещения воды не обязательно выше, чем эффективность подачи воды насосом на дегазатор, поскольку, с точки зрения

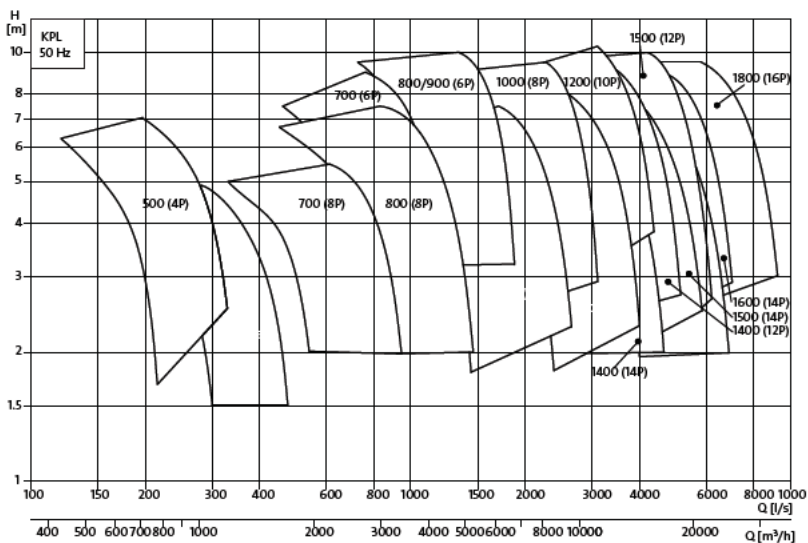


Иллюстрация 2.18 Подъемные насосы типа KPL для эффективного подъема больших объемов воды. Подъемные насосы часто используются для перекачивания воды в основном цикле УЗВ. Для экономии эксплуатационных расходов важно правильно подобрать насос. Для точной регуляции необходимого расхода воды в зависимости от потребностей рыбоводства может использоваться контроль частоты. H обозначает высоту подачи, а Q – объем поднимаемой воды. Источник: Grundfos.

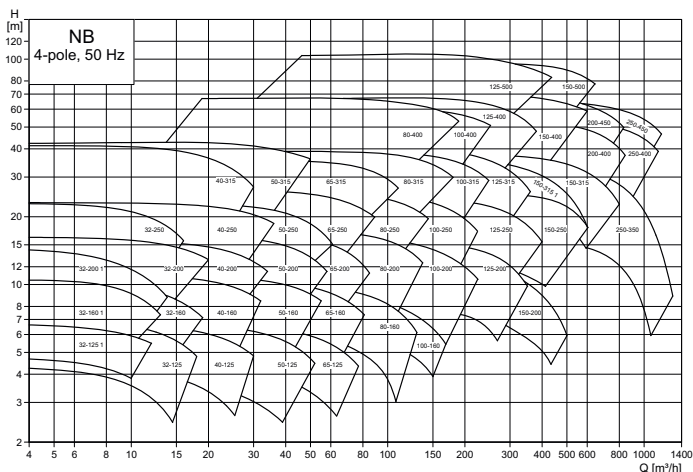


Иллюстрация 2.19 Центробежные насосы типа NB для перемещения воды в случаях, когда требуется большой напор или большая высота подачи. Спектр центробежных насосов является широким, и потому они также эффективно используются для подъема воды на малую высоту. В УЗВ центробежные насосы часто используются для циркуляции вторичных потоков воды, например, через системы УФ-дезинфекции, либо для достижения высокого давления в кислородных конусах. H обозначает высоту подачи, а Q – объем поднимаемой воды. Источник: Grundfos.

использования энергии и эффективности дегазации, КПД аэрационных колодцев ниже, чем при использовании подъемных насосов в комбинации с отдувкой или капельными фильтрами.

Мониторинг, контроль и сигнализация

Для постоянного поддержания оптимальных для рыб условий интенсивное рыбоводство требует тщательного мониторинга и контроля производственных процессов. Технические неисправности легко могут привести к значительным потерям, поэтому сигнализация является жизненно важным оборудованием для обеспечения безопасности производства.

На многих современных хозяйствах существует центральная система контроля, способная обеспечить мониторинг и контроль уровней кислорода, температуры, pH, уровня воды и функционирования двигателей. Если любой параметр выходит за пределы заранее заданных значений гистерезиса, процесс пуска/остановки попытается решить проблему. Если проблема

не решается автоматически, включается сигнализация. Автоматическое кормление также может быть интегрировано в центральную систему контроля. Это позволит точно согласовать время кормления с более высокой дозировкой кислорода, поскольку во время кормления потребление кислорода повышается. В менее сложных системах мониторинг и контроль не автоматизированы полностью и персонал должен устанавливать различные параметры вручную.

Как бы то ни было, ни одна система не может действовать без надзора людей, работающих на хозяйстве. Поэтому система контроля должна быть снабжена системой сигнализации, вызывающей персонал, если



Иллюстрация 2.20 Датчик кислорода (Oxuguard) калибруется на воздухе, прежде чем его опускают в воду для измерения содержания кислорода в воде в режиме онлайн. Надзор может быть компьютеризирован, с большим количеством точек измерения и аварийной сигнализацией.

возникает опасность серьезных неполадок. Рекомендуется соблюдать время реагирования менее 20 минут, даже в ситуациях, когда имеются автоматически включающиеся резервные системы.

Аварийные системы

Использование чистого кислорода в качестве резерва является важнейшей мерой предосторожности. Данную систему просто установить, она состоит из бака для хранения чистого кислорода и системы распределения с распылителями, установленными в каждом бассейне. В случае прекращения электроснабжения открывается электромагнитный клапан и сжатый



Иллюстрация 2.19 Кислородный резервуар и аварийный генератор.

кислород поступает во все бассейны, сохраняя жизнь рыбам. Подаваемый на распылители напор следует отрегулировать заранее таким образом, чтобы в аварийной ситуации хранящегося в резервуаре кислорода хватило на время, требующееся для устранения неполадок.

В качестве резерва электроснабжения требуется топливный электрогенератор. Необходимо как можно быстрее восстановить работу основных насосов, поскольку, если вода не циркулирует через биофильтр, выделяемый рыбами аммиак достигает токсичных концентраций. По этой причине важно, чтобы течение воды восстановилось приблизительно в течение часа.

Забор воды

Вода, используемая для рециркуляции, должна, по мере возможности, происходить из источника, свободного от болезнетворных агентов, либо стерилизоваться перед поступлением в систему. В большинстве случаев лучше использовать воду из скважины, колодца или другого подобного источника вместо воды, поступающей непосредственно из реки, озера или моря. Если необходимо установить систему очистки поступающей воды, она обычно состоит из песочного фильтра для микрофильтрации и УФ- или озоновой системы дезинфекции.

Глава 3: Объекты рыбоводства в УЗВ

Строительство и эксплуатация УЗВ стоят дорого. Вследствие конкуренции на рынках рыбы и готовой продукции, производство должно быть эффективным, чтобы приносить доход. Соответственно, очень важно выбрать подходящие объекты производства и построить хорошо функционирующую систему. По сути, цель сводится к тому, чтобы продать рыбу по высокой цене и одновременно удерживать себестоимость производства на максимально низком уровне.

При анализе осуществимости рыбоводного хозяйства одним из важнейших параметров является температура воды, поскольку рыбы – холоднокровные животные. Это означает, что температура тела рыб не отличается от температуры окружающей воды. Рыбы, в отличие от свиней, коров и других сельскохозяйственных животных, не способны регулировать температуру своего тела. Они просто не растут хорошо в холодной воде; чем теплее вода, тем лучше рост. Скорость роста, зависящая от температуры воды, различается у различных видов; также рыбы имеют различные верхние и нижние летальные температуры. Рыбоводы должны следить, чтобы рыба содержалась в этих пределах, иначе она погибнет.

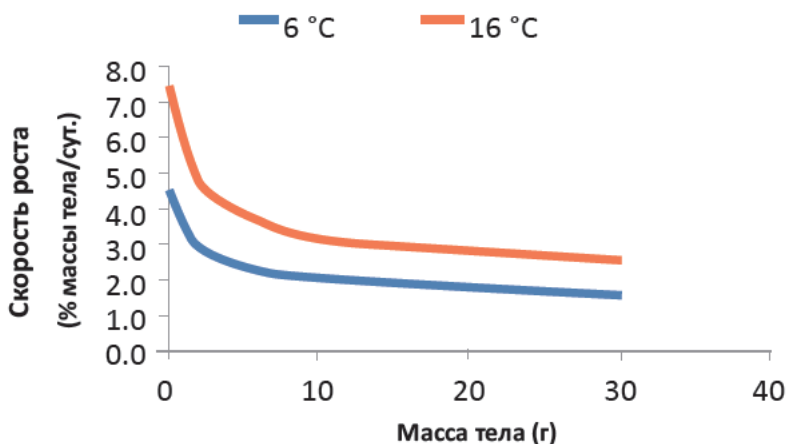


Иллюстрация 3.1 Скорость роста радужной форели при 6 °C и 16 °C, в зависимости от размера рыбы.

Другим вопросом, влияющим на осуществимость создания рыбоводного хозяйства, является размер выращиваемой в хозяйстве рыбы. При любой температуре скорость роста мелких рыб превышает скорость роста крупных. Это означает, что за равный промежуток времени мелкие рыбы могут набрать больше веса, чем крупные – см. иллюстрацию 3.1.

Мелкие рыбы также преобразовывают корма более эффективно, чем крупные – см. иллюстрацию 3.2. Более быстрый рост и более эффективное использование кормов положительно влияют на себестоимость, понижая ее в расчете на килограмм произведенной рыбы. Однако производство мелкой рыбы является лишь одним этапом в процессе производства рыбы рыночных размеров. Понятно, что рыбное хозяйство не может производить только мелкую рыбу, поэтому потенциал выращивания данной размерной группы ограничен. Тем не менее, если речь идет о том, какую рыбу следует производить в УЗВ, ответом, в первую очередь, будет «мелкую». Вкладывать деньги в производство молоди имеет смысл, потому что инвестиции в их выращивание приносят большую прибыль.

Деньги, потраченные на достижение и поддержание оптимальной температуры воды в УЗВ на протяжении всего года, потрачены разумно. При содержании рыб в оптимальных условиях выращивания скорость роста значительно больше, чем в – нередко субоптимальных – природных условиях. Важно также отметить, что преимущества чистой воды, достаточного уровня кислорода и т.д. в УЗВ положительно влияют на выживаемость, здоровье рыб и т.д., что, в итоге, обеспечивает продукцию высокого качества.

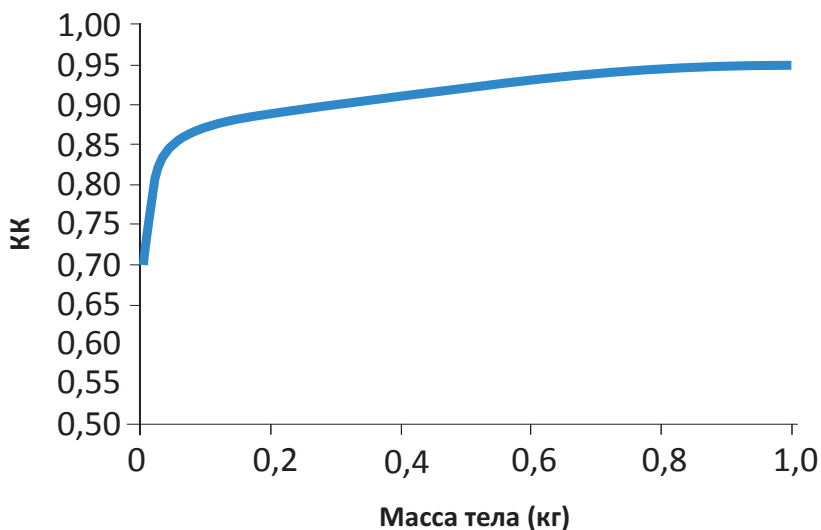


Иллюстрация 3.2 Кормовой коэффициент (КК) радужной форели в УЗВ, в зависимости от массы тела рыб при 15–18°C.

По сравнению с другими сельскохозяйственными животными, рыбы отличаются большим разнообразием и многие их виды выращиваются в аквакультуре. Если сравнить рынок свиней, крупного рогатого скота или кур с рынком рыб, первый является менее разнообразным. Потребители не ищут различные виды свиней, крупного рогатого скота или цыплят, они лишь просят кусок из той или иной части туши, либо кусок определённого размера. Но если речь идёт о рыбе, выбор видов очень велик, покупатели привыкли выбирать из большого числа различных рыб, вследствие чего для каждого рыбовода представляет интерес выращивание разных объектов. За последнее десятилетие в аквакультуру было внедрено около сотни видов. Скорость одомашнивания гидробионтов приблизительно в сто раз выше, чем скорость одомашнивания наземных растений или животных.

Если взглянуть на объёмы мирового производства искусственно выращиваемой рыбы, их общая картина не указывает на многовидовое производство. На иллюстрации 3.3 мы видим, что карповые (речь идёт примерно о 5 видах) являются однозначно наиболее преобладающей группой. Далее следуют лосось и форель – это только два вида. Всё остальное производство состоит из примерно десяти видов. Поэтому нужно понимать, что, хотя существует значительное количество пригодных для выращивания видов, только небольшая их часть достигает настоящего успеха на мировом уровне. Тем не менее, это не означает, что внедрение в аквакультуру всех новых видов является неудачным. Просто надо понимать, что объёмы мирового производства новых видов ограничены и что успех или неуспех их выращивания в значительной мере зависит от рыночных условий. Производство небольших объёмов ценных видов рыб может быть вполне доходным, поскольку они продаются по высокой цене. Однако, поскольку рынок ценных видов ограничен, по мере увеличения производства и, как следствие, доступности данного продукта цены могут быстро упасть. Быть первым и единственным на рынке производителем нового объекта аквакультуры может быть очень прибыльным делом. С другой стороны, это также сопряжено с высоким риском из-за значительного уровня неопределённости, связанного как с производством, так и с развитием рынка.

При внедрении нового вида в аквакультуру стоит помнить также о том, что речь идёт о диком виде, который должен быть пойман в природе и опробован в аквакультуре. Как правило, одомашнивание является долгим и сложным процессом. На эффективность роста влияют многие факторы, такие как высокое генетическое разнообразие темпов роста, эффективность преобразования кормов, выживаемость, а также проблемы с ранним созреванием и восприимчивость к болезням. По этой причине велика вероятность того, что рыбоводные показатели пойманной в природе рыбы не будут соответствовать ожиданиям рыбовода. С диким стадом также могут быть внесены вирусы, некоторые из которых могут проявиться лишь



Иллюстрация 3.3 Видовой состав мировой продукции аквакультуры в 2013 г. Источник: ФАО

по прошествии нескольких лет выращивания, что явно будет для рыбовода деморализующим опытом.

Нелегко дать общие рекомендации о том, какие виды следует выращивать в УЗВ. Многие факторы оказывают влияние на успех рыбоводного предприятия. Таковыми являются местные затраты на строительство, стоимость и стабильность электроснабжения, наличие квалифицированного персонала и т.д. Однако, перед обсуждением всего остального, прежде всего следует задать два важных вопроса: во-первых, может ли рассматриваемый вид успешно выращиваться в УЗВ и, во-вторых, существует ли для него рынок, где его можно реализовать в достаточном количестве и по достаточно высокой цене, чтобы обеспечить рентабельность проекта.

На первый вопрос можно ответить относительно просто: с биологической точки зрения любой вид, успешно выращиваемый в традиционной аквакультуре, может так же легко выращиваться в УЗВ. Как уже упоминалось, экологические факторы в УЗВ могут регулироваться таким образом, чтобы они точно соответствовали потребностям выращиваемых видов. Технологии рециркуляции сами по себе не являются препятствием для внедрения любого нового вида. В УЗВ рыба будет расти не хуже, а часто даже лучше. Менее однозначно, будет ли она успешной с экономической точки зрения, поскольку это зависит от рыночных условий, размеров

инвестиций, себестоимости и способности данного вида к быстрому росту. Выращивание рыб с малой скоростью роста, например, наиболее холодноводных видов, затрудняет достижение достаточного годового выхода продукции, оправдывающего инвестиции в данную установку.

То, являются ли рыночные условия благоприятными для того или иного вида, выращиваемого в УЗВ, в значительной мере зависит от конкуренции со стороны других производителей. И это не ограничивается местными производителями: торговля рыбой – глобальный бизнес, и конкуренция также является глобальной. Вполне может быть, что форель, выращенная в Польше, должна будет конкурировать с пангасиусом из Вьетнама или лососем из норвежских хозяйств, так как рыбу легко и недорого можно доставить в любую точку земного шара.








УЗВ всегда рекомендуется к использованию для производства ценных видов рыб, поскольку высокая отпускная цена оставляет простор для более высокой себестоимости. Хорошим примером является угреводство, где высокая отпускная цена позволяет производить рыбу при относительно высокой себестоимости. С другой стороны, существует сильная тенденция к использованию УЗВ также для менее ценных видов рыб, таких как форель или лосось.

Датская концепция рециркуляционных форелевых хозяйств является хорошим примером проникновения УЗВ в относительно низкий ценовой сегмент, такой как производство порционной форели. С другой стороны, для того, чтобы быть конкурентоспособными, подобные производственные системы должны быть очень крупными, с объемами производства 1000 тонн и более. Возможно, в будущем в некоторых районах выращивание крупного лосося по экологическим причинам сместится от морского садкового рыбоводства к наземным УЗВ. Вероятно также, что, по мере усиления конкуренции за воду и землю, выращивание даже очень дешевой рыбной продукции, например, тилипии, станет рентабельным в определенных типах УЗВ.

Пригодность того или иного вида рыб к выращиванию в УЗВ зависит от многих различных факторов, таких как рентабельность, экологические вопросы, биологическая пригодность. В следующих таблицах рыбы объединены в различные категории согласно коммерческой осуществимости их выращивания в УЗВ.








Следует отметить, что использование УЗВ для выращивания мелкой рыбы всегда можно рекомендовать, поскольку мелкие рыбы растут быстрее и, соответственно, особенно подходят для выращивания в контролируемых условиях до размера, пригодного для дальнейшего нагула.

Следующие виды представляют интерес для выращивания в УЗВ до товарного размера ввиду их хороших биологических показателей и приемлемых рыночных условий:







Вид	Актуальный статус	Рынок
<p>Голец арктический (<i>Salvelinus alpinus</i>) 14 °C</p> 	<p>Арктический голец и его кроссы с американской палией уже давно успешно выращиваются в холодноводной аквакультуре.</p>	<p>Реализуется на специализированных рынках по обусловленной себестоимостью или даже более хорошей цене.</p>
<p>Семга, смолт (<i>Salmo salar</i>) 14 °C</p> 	<p>Смолт название молодой семги. Он выращивается в пресной воде, затем переводится в соленую воду для нагула. Смолт очень успешно выращивается в УЗВ.</p>	<p>Рынок на смолт семги обычно бывает очень хорошим. Спрос постоянно растет.</p>
<p>Угорь (<i>Anguilla anguilla</i>) 24 °C</p> 	<p>Успешный опыт выращивания в УЗВ. В искусственных условиях не размножается. Необходим сбор молодых угрей в природе. Считается видом, находящимся на грани исчезновения.</p>	<p>Ограниченный рынок с непостоянным уровнем цен. Некоторые покупатели отказываются от покупки угрей из за того, что вид находится под угрозой.</p>
<p>Групперы (<i>Epinephelus spp.</i>) 28 °C</p> 	<p>Морские рыбы, выращиваемые главным образом в Азии. Много различных видов. Требуют знаний в области нереста и подращивания личинок. Нагул относительно простой.</p>	<p>Реализуется по хорошей цене, главным образом на местных рынках в регионах, где вид выращивается многими малыми производителями.</p>
<p>Форель радужная (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) 16 °C</p> 	<p>Легко выращивается. Пресноводные УЗВ широко используются для разных целей, от подращивания мальков до выращивания порционной рыбы. Крупная форель также может выращиваться в УЗВ, как пресноводных, так и морских.</p>	<p>На большинстве рынков относительно жесткая конкуренция. Необходима диверсификация продуктов.</p>
<p>Морской окунь / Дорада (<i>Dicentrarchus labrax / Sparus aurata</i>) 24 °C</p> 	<p>Объекты морского выращивания, на которых основана высокоразвитая отрасль садковой аквакультуры. Требуют хороших навыков на личиночных стадиях. Успешный опыт выращивания в УЗВ.</p>	<p>Как правило, сложные рыночные условия, но на некоторых местных рынках свежая рыба может быть реализована по хорошей цене.</p>
<p>Осетровые (<i>Acipenser spp.</i>) 22 °C</p> 	<p>Группа пресноводных рыб с большим количеством относительно легко выращиваемых видов. Требуют хороших навыков на различных биологических стадиях. Рост выращивания в УЗВ.</p>	<p>Неплохой рыночный спрос на мясо. На элитных рынках наблюдаются признаки расширения икорного бизнеса.</p>

Вид	Актуальный статус	Рынок
<p>Тюрбо (<i>Scophthalmus maximus</i>) 17 °С</p> 	<p>Требуются хорошие навыки в управлении ремонтно-маточным стадом и воспроизводством. Очень хорошо растет в УЗВ.</p>	<p>Как правило, сложные условия на международных рынках. На местных рынках цены могут быть выше.</p>
<p>Креветка белоногая (<i>Penaeus vannamei</i>) 30 °С</p> 	<p>Наиболее распространенный вид креветок в аквакультуре. Успешный опыт нагула в УЗВ. Методы выращивания развиваются.</p>	<p>Как правило, цены на креветок бывают хорошими и высокими по сравнению с ценами на рыбу.</p>
<p>Желтохвост калифорнийский (<i>Seriola lalandi</i>) 22 °С</p> 	<p>Калифорнийский желтохвост или сериола является морским видом, который успешно выращивается в садках и наземных системах.</p>	<p>Хорошие рыночные цены. Реализуется на специализированных рынках.</p>

Низкие рыночные цены затрудняют рентабельное выращивание следующих рыб в УЗВ, важно приложить усилия к маркетингу и реализации:

Вид	Актуальный статус	Рынок
<p>Сом африканский (<i>Clarias gariepinus</i>) 28 °С</p> 	<p>Очень легко выращиваемая пресноводная рыба, выносливая и быстрорастущая, с хорошими рыбоводными показателями в УЗВ. Ее выращивание должно быть экономически эффективным.</p>	<p>Умеренная или низкая цена. Большая часть рыб реализуется в живом виде на местных рынках. Необходимо приложить большие усилия к маркетингу.</p>
<p>Баррамунди (<i>Lates calcarifer</i>) 28 °С</p> 	<p>Также называется белым морским окунем. Обитает как в пресной, так и в морской воде. Подращивание личинок требует знаний. Нагул относительно простой.</p>	<p>Реализуется главным образом на местных рынках по приемлемой цене. По мере роста маркетинга в мировом масштабе ожидается рост международного рынка.</p>
<p>Карп (<i>Cyprinus carpio</i>) 26 °С</p> 	<p>Все карповые виды растут очень хорошо в УЗВ. Основной проблемой является сведение себестоимости к минимуму.</p>	<p>На большинстве рынков карповые считаются малоценными видами, но на некоторых рынках их цена может быть более высокой.</p>
<p>Пангасиус (<i>Pangasius bocourti</i>) 28 °С</p> 	<p>Этот вид сомовых выращивается в больших грунтовых прудах, главным образом во Вьетнаме. Впечатляющая способность к выживанию и росту в субоптимальных условиях.</p>	<p>Продукт, расположенный в нижней части ценовой шкалы мирового рынка. Дешёвая цена не оставляет простора для роста себестоимости.</p>
<p>Окунь (<i>Perca fluviatilis</i>) 17 °С</p> 	<p>Пресноводная рыба, которая, как показал опыт, хорошо растет в УЗВ, но которая еще не получила широкого распространения.</p>	<p>Ограниченный рынок с непостоянным уровнем цен.</p>
<p>Тиляпия (<i>Oreochromis niloticus</i>) 28 °С</p> 	<p>Один из наиболее распространенных объектов аквакультуры, отличается выносливостью и быстрым ростом. Для поддержания конкурентоспособности необходимо удерживать себестоимость на минимальном уровне.</p>	<p>Реализуется на мировом рынке по умеренной или низкой цене. На местных рынках цены могут быть выше.</p>
<p>Сиг обыкновенный (<i>Coregonus lavaretus</i>) 15 °С</p> 	<p>Сиги являются группой пресноводных рыб, которые могут выращиваться в аквакультуре, в том числе и в УЗВ.</p>	<p>Относительно низкие цены из-за сильной конкуренции со стороны рыб, пойманных в естественных водоемах.</p>

Этих рыб очень трудно выращивать в коммерчески жизнеспособном масштабе в УЗВ или даже просто в аквакультуре по причине сложности их биологии и/или из-за сложных рыночных условий:

Вид	Актуальный статус	Рынок
Треска атлантическая (<i>Gadus morhua</i>) 12 °С 	Успешный опыт подращивания мальков в УЗВ. Нагул крупной трески требует дальнейших разработок и, таким образом, пока не производится в УЗВ.	Цены колеблются, поскольку рынок сильно зависит от природных уловов.
Семга крупная (<i>Salmo salar</i>) 14 °С 	Крупная семга выращивается в морских садках до товарного размера 4-5 кг. В процессе разработки технологии нагула в наземных УЗВ.	Мировой рынок определяется маркетингом норвежской продукции. Имеется тенденция роста сертифицированной продукции.
Тунец обыкновенный (<i>Thunnus thynnus</i>) 24 °С 	Единственной рентабельной технологией выращивания является откорм выловленных в природе рыб. Контроль полного цикла аквакультурного выращивания в коммерческих масштабах все еще находится в стадии разработки.	На бурлящем международном рынке тунца возможна реализация по очень высокой цене.
Кобия (<i>Rachycentron canadum</i>) 28 °С 	Относительно новый объект морской аквакультуры с хорошим качеством мяса. Нагул в садковой аквакультуре. Данные указывают на рост продукции, хотя есть много факторов, препятствующих разведению данного вида.	Рынок недоразвит и на большинстве рынков данная рыба неизвестна.
Камбала малоголовая (<i>Microstomus kitt</i>) 17 °С 	Новый объект аквакультуры с еще не полностью разработанной технологией выращивания из-за различных проблем биологического характера, например, с кормлением и т.д.	Продукт, расположенный в верхней части ценовой шкалы, реализуемый по стабильно высокой цене.
Судак (<i>Sander lucioperca</i>) 20 °С 	Трудно выращиваемая пресноводная рыба. Сложности на личиночной стадии, нагул кажется несколько более простым. Существует только несколько УЗВ, успешно выращивающих судака.	Приемлемая или хорошая цена. По мере снижения естественных запасов и роста потребления ожидается увеличение спроса.

Глава 4: Планирование и осуществление проектов

Идея постройки УЗВ часто основывается на весьма различающихся взглядах на то, что является важным и что представляет интерес. Люди имеют склонность обращать внимание на то, что они уже знают или считают наиболее интересным, и в процессе забывают о других аспектах проекта.

Перед запуском проекта следует рассмотреть пять важных вопросов:

- Цену данного вида рыб и ее рынок;
- Выбор участка, включая разрешения от властей;
- Проект системы и технологию производства;
- Рабочую силу, в том числе, преданного делу руководителя;
- Финансирование проекта на всем его протяжении, вплоть до функционирующего предприятия.

Цены и рынок

Первым делом необходимо определить, можно ли реализовать рыбу по приемлемой цене и в достаточных объемах. Поэтому, прежде чем предпринимать любые дальнейшие шаги, важно подходящим образом провести анализ состояния рынка. Цены на рыбу в магазинах очень отличаются от цен при реализации рыбы прямо с хозяйства. Доставка рыбы с хозяйства на прилавки супермаркетов является долгим процессом, включающим процедуры убоя, потрошения, упаковки и транспортировки. Сопутствующие расходы могут быть существенными и должны быть включены в общие расчеты. Супермаркет и посредники забирают свою долю дохода, а потеря в весе при потрошении, естественно, приводит к значительной разнице в итоговом весе рыбы, за который Вам заплатят.

Выбор участка и разрешения

Исключительно важно выбрать хорошее место. Несмотря на то, что рециркуляционная технология считается водосберегающей, для рыбоводства явно нужна вода. Предпочтение однозначно должно

отдаваться грунтовой воде из-за ее чистоты и относительно холодной температуры. Непосредственный забор воды из рек, озер или моря не рекомендуется. В случае использования морской воды желательно соорудить песчаный дренаж или использовать воду из скважины. Выбор участка также имеет непосредственное отношение к рабочей нагрузке при получении разрешений на постройку рыбного хозяйства от местных, областных или национальных властей. Время и сложность получения разрешения на выпуск использованной воды с рыбного хозяйства слишком часто недооцениваются. Даже в случае тщательной очистки использованной воды и удаления из нее всех частиц, богатые питательными веществами стоки всегда вызывает озабоченность властей. Рекомендуется разработать предпроектное предложение, чтобы можно было вовремя обратиться с ним в компетентные органы за разрешениями на строительство, водопользование, выпуск сточных вод и т.д.

Проект системы и технология

Многие рыбоводы склонны сами проектировать и строить свои системы и самостоятельно осуществлять собственные технические решения, что, на первый взгляд, можно понять, ведь они хотят урезать расходы и включить в проект свои собственные идеи. Тем не менее, лучшее решение – связаться с профессиональным поставщиком рыбоводных систем, обсудить с ним Ваши идеи о технологии и совместно найти оптимальное решение для постройки Вашего хозяйства. Рыбовод должен тратить свое время на управление своим рыбным хозяйством и оптимизацию его работы, а не углубляться в детали технических решений и проектных работ. Поставщики рыбоводных систем чаще всего работают очень систематично, держа проект на плаву на всем его протяжении, от общего проектирования до строительства и запуска хозяйства. Некоторые поставщики даже обеспечивают поддержку в повседневном управлении хозяйством и процедурах его эксплуатации, чтобы гарантировать его подходящую сдачу и долгосрочный успех.

Рабочая сила

В обеспечении подходящего управления хозяйством набор квалифицированной рабочей силы является вопросом первостепенной важности. Крайне важно найти общего оперативного руководителя, который был бы в полной мере предан делу и желал бы добиться успеха не менее чем сами акционеры. Рыбы – это живые существа, для которых необходимо внимательное управление на ежедневной основе, чтобы они могли расти в здоровой и стабильной среде. Ошибки или неправильное

управление немедленно оказывают большое воздействие на производство и на физическое благополучие животных. По мере того, как аквакультурная отрасль растет и становится все более профессиональной, необходимость в хорошо обученных работниках становится все более явной. Обучение и образование становятся все более важной частью современной аквакультуры.

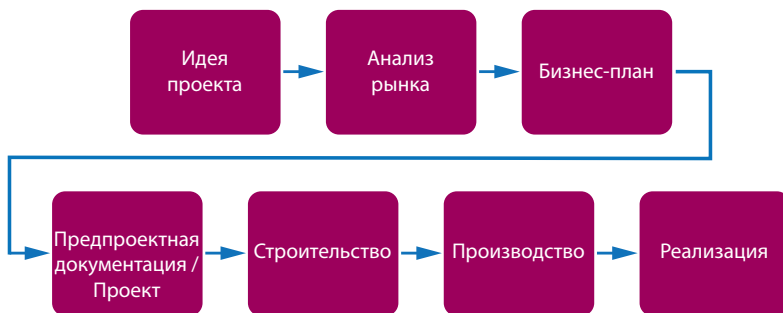


Иллюстрация 4.1 Схема процесса от идеи проекта до конечного продукта

Финансирование

Потребность в финансировании на протяжении всего проекта слишком часто недооценивается. При строительстве и запуске нового рыбного хозяйства капитальные затраты очень высоки и, как видно, инвесторы часто забывают о том, что выращивание рыбы до товарного размера требует терпения. От начала строительства до получения первых доходов от реализованной рыбы обычно проходит один–два года. По этой причине, в начале поток денежных средств бывает медленным. Рекомендуется на начальном этапе зарыблять систему большим количеством рыбы и реализовывать этот излишек в первом году при меньшем размере, пока логистика производства не достигла проектных объемов и размеров на ежедневной основе. Также очень важно учитывать все расходы при общей оценке необходимых инвестиций и оборотного капитала, а также иметь резерв на случай непредвиденных неполадок или возникающих потребностей. Технология и биологические функции в УЗВ взаимозависимы. Это означает, что если любое из необходимых технологических решений не было установлено, или было установлено в недостаточном размере, или просто не работает, принцип рециркуляции сильно пострадает. В итоге это повлияет на физическое благополучие и рост рыб, что приведет к неподходящему качеству рыбы и более низкому выходу продукции, чем планировалось.

Чтобы получить систематический обзор всего проекта, необходимо разработать бизнес-план. Детальное обсуждение написания бизнес-плана или проведения анализа рынка выходит за рамки настоящего руководства. Подробную информацию по данным темам можно найти в других источниках. Тем не менее, для того, чтобы помочь читателю и обратить его внимание на проблемы, которые могут возникнуть при запуске рыбоводного проекта, ниже мы приведем схему бизнес-плана и примеры финансовых и бюджетных расчетов.

1. Резюме проекта:

Цели, миссия и ключевые факторы успеха

2. Резюме компании:

Форма собственности компании, партнеры

3. Продукция:

Анализ продукции

4. Краткое изложение анализа рынка:

Какова сегментация рынка?
Каков целевой рынок?
Каковы потребности рынка?
Конкуренты

5. Краткое описание стратегии и ее осуществления

Конкурентное преимущество
Стратегия продаж
Прогноз сбыта

6. Краткое описание управления

Кадровый план и организационная схема
компании

7. Финансовый план

Важнейшие допущения
Анализ безубыточности
Прогнозируемые доходы и потери
Таблица потока денежных средств и баланса

Иллюстрация 4.2 Основные элементы бизнес-плана (модифицировано из Palo Alto Software Ltd.)

Вы найдете введение в процесс создания предприятия и примеры бизнес-планов на следующих ресурсах:

www.bplans.com
www.bplans.co.uk

Также важно детально спланировать процесс производства рыбы и аккуратно включить этот план в бюджет. Производственный план является основным рабочим документом, от которого может зависеть успех или провал выпуска продукции.

Производственный план должен регулярно пересматриваться, поскольку выращивание рыб на практике чаще всего дает либо лучшие, либо худшие результаты, чем планировалось в теории. По сути, разработка производственного плана основана на расчете прироста рыбного стада, как правило, от одного месяца к другому. Имеется ряд компьютерных программ для расчета и планирования продукции. Однако они все основаны на расчете прироста на основании темпа роста рыб, выраженного в процентах от массы рыб в сутки. Скорость роста зависит от вида рыб, их размера и температуры воды. У различных видов рыб оптимальные температуры выращивания различаются в зависимости от их естественного местообитания. Скорость роста у мелких рыб больше, чем у крупных.

Потребление корма и кормовой коэффициент (КК), конечно, являются неотъемлемой частью данных расчетов. Простым способом для подготовки производственного плана является приобретение таблицы кормления для данной рыбы. Подобные таблицы доступны у производителей кормов и они принимают во внимание вид рыб, их размер и температуру воды (см. иллюстрацию 4.3).

Разделив кормовые рационы на КК, мы получим скорость роста рыб. В дальнейшем Вы можете рассчитать суточный прирост веса, используя метод расчета процентного роста, выраженный следующей формулой:

$$K_n = K_0(1+r)^n$$

где «n» – количество дней, «K₀» – вес рыбы в день 0, а «K_n» – вес рыбы в день n. Рыба весом 100 грамм, растущая со скоростью 1,2% в сутки, через 28 дней будет иметь вес:

$$\begin{aligned} K_{28 \text{ сут.}} &= K_{100 \text{ г}} (1+0,012)^{28 \text{ сут.}} \\ &= 100 (1,012)^{28} = 139,7 \text{ г} \end{aligned}$$

Какими бы ни были размер или количество рыб, эта формула может использоваться для расчета прироста рыбного стада, составления точного производственного плана и определения времени сортировки и распределения рыб по бассейнам. Также не следует забывать вычитать потери популяции при составлении производственного плана. Рекомендуется проводить расчеты на ежемесячной основе и использовать коэффициент смертности, составляющий около 1% в месяц, который, однако, должен корректироваться согласно опыту. Месяц не должен считаться равным 30 суткам, так как в течение месяца обычно есть дни, когда, вследствие связанных с управлением процедур, рыбы не получают корма. Именно поэтому в вышеприведенном примере указаны 28 дней.

Размер рыб (г)	Размер гранул (мм)	13 °C	15 °C	17 °C	19 °C	21 °C	23 °C	25 °C	27 °C	29 °C
50 100	3,0	0,60	0,89	1,04	1,19	1,39	1,44	1,34	1,19	0,99
100 200	3,0	0,50	0,80	0,99	1,09	1,19	1,24	1,14	0,99	0,80
200 800	4,5	0,45	0,70	0,85	0,94	1,04	1,04	0,94	0,85	0,70
800 1 500	4,5	0,35	0,55	0,65	0,75	0,85	0,85	0,75	0,60	0,40
1 500 3 000	6,5	0,20	0,35	0,45	0,55	0,65	0,65	0,55	0,45	0,30
3 000 5 000	9,0	0,15	0,25	0,34	0,39	0,44	0,49	0,44	0,34	0,20
5 000 10 000	9,0	0,12	0,20	0,28	0,31	0,35	0,39	0,35	0,28	0,16

Иллюстрация 4.3 Пример рекомендуемых рационов кормления, указанных в процентах от массы тела рыб, для осетров различного размера при различных температурах воды. Кормление должно соответствовать производственной стратегии и условиям выращивания, так же, как и выбор типа корма. Кормление согласно рекомендуемым уровням даст наилучший КК, таким образом экономя расходы на кормление и снижая экскрецию. Повышение кормовых рационов улучшит рост за счет более высокого КК. Источник: BioMar.

Суммируя виды бюджетов, необходимых для бизнес-плана, они включают в себя следующие:

- Инвестиционный бюджет (CAPEX)
(капитальные затраты, суммарные капитальные расходы)
- Бюджет эксплуатационных расходов (OPEX)
(текущие расходы, функционирование предприятия)
- Бюджет денежных средств
(ликвидность, функционирование предприятия)

Чтобы составить детальный бюджет, учитывающий все расходы, рекомендуется всегда консультироваться с профессиональным бухгалтером. Хорошо задокументированный бюджет также необходим, чтобы убедить инвесторов, получить банковский кредит или связаться с финансирующими организациями.

Инвестиционный бюджет в значительной степени зависит от строительства УЗВ, которое, в свою очередь, зависит от страны и местных условий в месте строительства. В таблице 4.4 показан пример инвестиционного бюджета, с оценочными значениями в процентах. Стоимость приобретения участка не включена в расчеты.

Инвестиционный бюджет	100% (капитальные расходы)
Строительные работы: застройка участка, строительство, бетонные работы, трубопроводы, электрическая сеть, тротуары	46 %
УЗВ: проектирование, оборудование, доставка и установка	35 %
Рыбоводные бассейны	12 %
Системы кормления и освещения	2 %
Отопление, охлаждение, вентиляция	2 %
Оборудование для обращения с рыбами, в т.ч. трубы	2 %
Оперативное оборудование	1 %

Иллюстрация 4.4 Пример инвестиционного бюджета полностью рециркулированной крытой системы с оценочными значениями в процентах. Издержки по реализации варьируют в зависимости от типа и расположения системы, а также вида рыб.

Расходы на строительство зависят не только от местной стоимости строительных работ, но также от видов рыб и размера хозяйства. Расходы также в значительной мере зависят от того, будет ли данная рыбоводная система заниматься выращиванием всех жизненных стадий или только этапом нагула, а также от того, будет ли данная система установлена внутри здания или вне его. Подобные решения зависят от климата, вида рыб, цели производства и т.д. Существует ясная тенденция, показывающая, что чем выше степень рециркуляции воды, тем больше необходимость установки системы внутри здания.

В случае крытых систем с годовой продукцией 100 тонн, имеющих полносистемное оборудование, от инкубационного цеха через перевод

мальков на активное питание и их подращивание до конечного нагула товарной рыбы, общая стоимость инвестиции, включая все, обычно доходит до 12–14 евро на килограмм продукции. Чем больше размер, при котором происходит облов выращенных рыб, тем выше инвестиционные расходы, поскольку при выращивании крупной рыбы для производства той же биомассы требуются большие объемы системы и бассейнов, чем в случае мелких рыб. Таким образом, в системах для производства крупной рыбы, например, лосося товарного размера (4–5 кг), инвестиционные расходы также достигают 12–14 евро на килограмм годовой продукции.

Расположенные на другом конце шкалы более простые УЗВ под открытым небом, используемые только для конечного нагула более мелкой рыбы, например, порционной форели, при проектной мощности 1000 тонн или более стоят около 4–5 евро на килограмм годовой продукции.

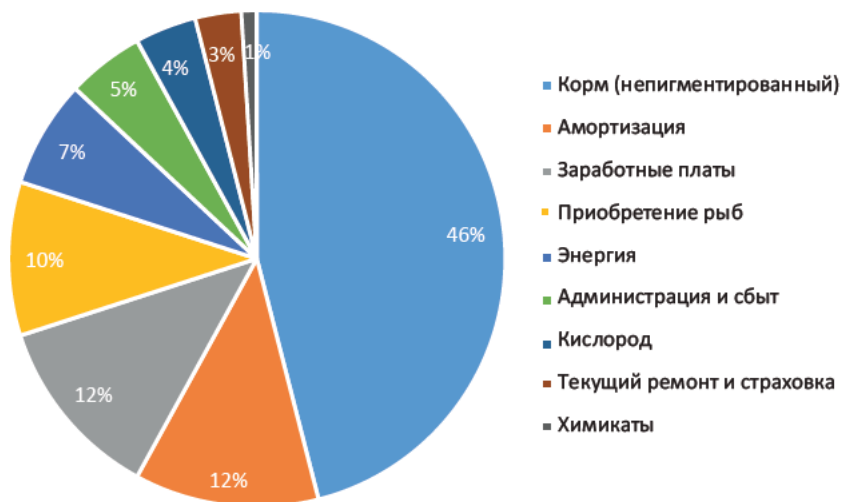


Иллюстрация 4.5 Пример распределения расходов на крупном хозяйстве для производства порционной форели (2000 тонн/год), приобретающем сеголеток и подращивающем их до 300–500 г. Общая себестоимость на килограмм произведенной живой рыбы не достигает 2 евро/кг. Общие инвестиционные расходы для подобной полностью рециркулированной крытой системы составляют около 4 евро на килограмм продукции (всего 8 млн евро).

Что касается приобретения земли, площадь УЗВ также зависит от вида рыб и интенсивности производства и, как правило, составляет около 1 000 м² на 100 тонн рыбы. Чем больше общий объем продукции, тем меньше площади требуется для производства 100 тонн, поскольку бассейны

становятся больше и могут быть построены глубже. Таким образом, для большого рыбного хозяйства на 1 000 тонн потребуется только 7 000 м². Тем не менее, для окружающей инфраструктуры, такой как водозаборные и водоочистные сооружения, погрузка рыб, дороги и т.д., могут потребоваться дополнительные площади.

На иллюстрации 4.5 интересно отметить, что потребление энергии составляет только 7% расходов. Конечно, важно уделять внимание потреблению электричества, но оно ни в коем случае не представляет собой преобладающую статью расходов. По сути, оно не отличается от энергопотребления многих традиционных хозяйств, где использование лопастных аэраторов, возвратных насосов, кислородных конусов и другого оборудования потребляет весьма значительные количества энергии.

Стоимость кормов однозначно представляет собой наиболее преобладающую статью расходов, что также означает, что хорошее управление кормлением является важнейшим фактором успеха. Улучшение КК окажет значительное влияние на эффективность производства.

Как и в других секторах, производящих продовольственные продукты, чем больше размер производственной установки, тем меньше становится удельная себестоимость на единицу произведенной продукции. Это также верно для рыбоводства. Однако, как показывает опыт, увеличение производственных систем до размеров, значительно превышающих 2 000 тонн в год не приводит к существенному уменьшению инвестиционных расходов. С другой стороны, увеличение с нескольких сот тонн приблизительно до тысячи значительно снижает расходы, как инвестиционные, так и эксплуатационные. Выгоды от увеличения размера хозяйства в значительной мере зависят от выращиваемого объекта, и потому следует тщательно взвесить способы расширения производства.

В Приложении приведен контрольный список биологических и технических вопросов, способных повлиять на осуществление проекта УЗВ. Когда Ваш проект будет готов к реализации, этот контрольный список очень пригодится для определения деталей и возможных препятствий.

Глава 5: Эксплуатация УЗВ

Переход от традиционного рыбоводства к УЗВ значительно меняет распорядок дня и навыки, необходимые для управления хозяйством. После такого перехода рыбовод должен управлять как рыбным стадом, так и водными ресурсами. Задачи управления водными ресурсами и поддержания их качества становятся не менее важными, если не важнее, чем уход за рыбами. Традиционный распорядок дня работ на традиционных проточных хозяйствах сменился тонкой отладкой механизма, работающего непрерывно 24 часа в сутки. Автоматический надзор за всей системой позволяет рыбоводу в любое время иметь доступ к информации о хозяйстве, а в случае чрезвычайных ситуаций он будет вызван системой аварийной сигнализации.

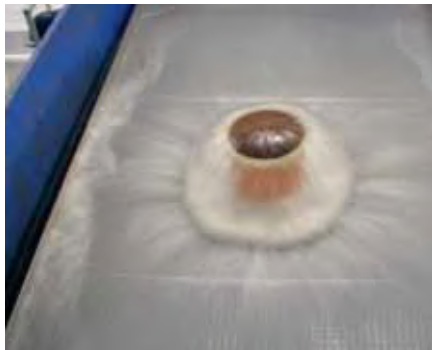


Иллюстрация 5.1 Качество и течение воды в фильтрах и рыбоводных бассейнах должны часто проверяться визуальным способом. Вода разливается по верхней пластине традиционного капельного фильтра (дегазатора), затем равномерно распределяется по отверстиям пластины и стекает вниз по заполнителю фильтра.

Рабочие задачи и процедуры

Наиболее важные рабочие задачи и процедуры перечислены ниже. На практике возникает также много других дополнительных задач, но приведенный пример ясно показывает общий распорядок дня. Очень важно составить контрольный список всех задач, которые должны выполняться ежедневно, а также контрольные списки задач, выполняемых через более длинные промежутки времени.

Ежедневно или еженедельно:

- Визуальное наблюдение поведения рыб
- Визуальное наблюдение качества воды (прозрачности/мутности)
- Проверка гидродинамики (течения) в бассейнах

- Проверка выдачи кормов кормушками
- Удаление и регистрация мертвых рыб
- Промывка водосливов бассейнов, если они снабжены вертикальными трубами
- Очистка мембран оксиметров
- Регистрация актуальной концентрации кислорода в бассейнах
- Проверка уровня воды в приемках насосов
- Проверка форсунок, подающих воду на механические фильтры
- Регистрация температуры
- Проведение анализов на аммиак, нитрит, нитрат, рН
- Регистрация объемов используемой подпиточной воды
- Проверка давления в кислородных конусах
- Проверка NaOH или извести, предназначенных для регулирования рН
- Проверка работоспособности УФ-ламп
- Регистрация потребления электричества (кВт·ч)
- Прочтение информации от коллег на доске сообщений
- Активация системы сигнализации перед уходом с хозяйства.

Еженедельно или ежемесячно:

- Чистка биофильтров согласно инструкции
- Слив конденсационной воды из компрессора
- Проверка уровня воды в промежуточном баке
- Проверка уровня оставшегося в кислородном баллоне O₂
- Калибровка рН-метра
- Калибровка кормушек
- Калибровка оксиметров, установленных в рыбоводных бассейнах и в системе
- Проверка сигнализации – проведение тестов сигнализации
- Проверка работоспособности аварийной подачи кислорода во всех бассейнах
- Проверка всех насосов и двигателей на предмет сбоев и шумов
- Проверка генераторов и их контрольный запуск
- Проверка работы вентиляторов капельных фильтров
- Смазывание подшипников механических фильтров
- Промывка форсунок механических фильтров
- Поиск застойных зон в системе и принятие мер предосторожности
- Проверка приемков фильтров – в них не должно наблюдаться шлама.



Иллюстрация 5.2 Генератор кислорода. Необходим контроль и уход за специальным оборудованием.

Один раз в 6–12 месяцев:

- Чистка УФ-стерилизатора, ежегодная смена ламп
- Замена масла, масляных и воздушных фильтров в компрессоре
- Проверка внутренней чистоты охлаждающих башен
- Проверка чистоты дегазатора, в случае необходимости, его замена
- В случае необходимости, тщательная чистка биофильтра
- Техническое обслуживание оксиметров
- Замена форсунок механических фильтров
- Замена фильтрующих пластин механических фильтров.

Качество воды

Управление УЗВ требует постоянной регистрации и регулировки параметров для достижения идеальной среды для объектов выращивания. Для каждого рассматриваемого параметра существуют определенные, биологически приемлемые пределы. На протяжении цикла производства каждое отделение хозяйства должно по возможности отключаться и запускаться снова с новой партией рыб. Изменения производства влияют на всю систему, но наиболее чувствительным к высуханию и прочим изменениям является биофильтр. На иллюстрации 5.3 показаны изменения концентрации соединений азота в воде, вытекающей из нового биофильтра после его запуска. Колебания наблюдаются также во многих других параметрах, важнейшие из которых показаны на иллюстрации 5.4. В некоторых ситуациях эти параметры могут достичь неблагоприятных или даже токсичных для рыб уровней. Однако невозможно привести точные значения этих уровней, поскольку токсичность зависит от многих факторов, в том числе, от вида рыб, температуры и pH. Рыбы, как правило, адаптируются к экологическим условиям системы и, таким образом, могут переносить более высокие

значения отдельных параметров, таких как углекислый газ, нитрат или нитрит. Важнее всего избегать резких изменений физических и химических параметров воды.

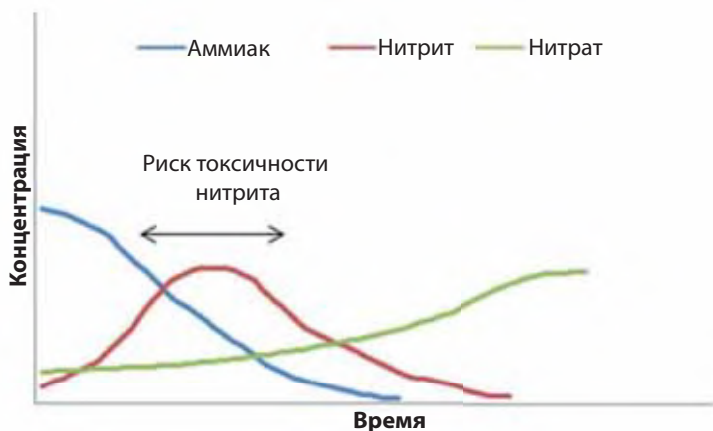


Иллюстрация 5.3 Колебания концентраций различных соединений азота после запуска биофильтра.

Токсичность нитритного пика может быть нейтрализована путем добавления соли в систему. В воде достаточно концентрации соли, равной всего лишь 0,3 ‰ (ppt), чтобы подавить токсичность нитрита. Желательные ориентировочные уровни различных физических и химических параметров качества воды в УЗВ указаны на иллюстрации 5.4.

Параметр	Формула	Единица измерения	Норма	Неблагоприятный уровень
Температура		°C	Зависит от вида	
Кислород	O ₂	%	70–100	< 40 и > 250
Азот	N ₂	% насыщения	80–100	> 101
Углекислый газ	CO ₂	мг/л	10–15	> 15
Аммоний	NH ₄ ⁺	мг/л	0–2,5 (зависит от pH)	> 2,5
Аммиак	NH ₃	мг/л	< 0,01 (зависит от pH)	> 0,025
Нитрит	NO ₂	мг/л	0–0,5	> 0,5
Нитрат	NO ₃	мг/л	100–200	>300
pH			6,5–7,5	< 6,2 и > 8,0
Щелочность		ммоль/л	1–5	< 1
Фосфор	PO ₄ ³⁻	мг/л	1–20	
Взвешенные вещества	SS	мг/л	25	> 100
ХПК	ХПК	мг/л	25–100	
БПК	ББПК	мг/л	5–20	> 20
Гумус			98–100	
Кальций	Ca ⁺⁺	мг/л	5–50	

Иллюстрация 5.4 Желательные уровни различных физических и химических параметров качества воды в УЗВ.

Уход за биофильтром

Для обеспечения стабильно высокого качества воды в системе биофильтр всегда должен работать в оптимальных условиях. Ниже приводится пример процедур ухода за биофильтром.

- 1 Камера биофильтра/
микрофильтра
- 2 Подача воды
- 3 Верхняя
распределительная
пластина
- 4 Водослив
- 5 Аэрационная трубка
- 6 Воздух для аэрации
и продувки
- 7 Шламовыпускной
патрубок



Иллюстрация 5.5 Схема принципа работы полиэтиленового биофильтра. Как правило, полиэтиленовые биофильтры расположены над землей и снабжены шламовыпускным патрубком для более легкой промывки и чистки. Вода со шламом поступает в водоочистное сооружение, расположенное вне УЗВ. Фотография справа показывает размер крупного полиэтиленового биофильтра. Источник: AKVA group.

Уход за биофильтром включает в себя следующие действия:

- Чистка верхней пластины раз в две недели, чтобы предотвратить развитие бактерий и водорослей, которые могут забить отверстия перфорированной распределительной пластины
- Каждые две недели чистка микропузырьковых распылителей трубки, подающей воду из последней камеры биофильтра на микрофильтр
- Регулярный распорядок мониторинга и чистки



Иллюстрация 5.6 В представленном многокамерном полиэтиленовом биофилт্রে вода течет слева направо и, в каждой камере, снизу вверх. Большая часть органического вещества удаляется гетеротрофными бактериями в первой камере. В следующих камерах вследствие малой органической нагрузки образуется тонкая биопленка нитрифицирующих бактерий, преобразующая аммиак в нитрат. Последняя камера называется «микрофилтром» и служит для удаления мельчайших частиц, не отфильтрованных механическим филтром. Источник: AKVA group.

Следующие параметры должны проверяться регулярно:

- Проверка распределения воздушных пузырьков внутри каждой камеры биофилтра. Со временем в биофилтре накапливаются органические вещества, что влияет на распределение воздушных пузырьков и увеличивает их размер.
- Проверка расстояния между уровнем воды в биофилтре и верхним краем полиэтиленового цилиндра для выявления изменений в течении воды через биофилтр и микрофилтр.
- Регулярное измерение важнейших для работы биофилтра параметров качества воды

- Тщательный контроль остающегося количества кислоты или основания, добавляемых для улучшения химических показателей биофильтра.

Чистка и промывка биофильтра для удаления шлама

Под биофильтром может скопиться смесь из неорганического вещества, отслоившихся биопленок и прочего органического материала, которая с трудом разлагается микроорганизмами. Для удаления этой смеси можно использовать встроенные в камеры системы для удаления шлама.

Для промывки системы от шлама следуйте приведенной ниже инструкции:

- Отсоедините от системы полиэтиленовый биофильтр, который Вы хотите вычистить
- Откройте сливной клапан на короткое время (около 10 секунд)
- При наличии шламового насоса: откачайте шлам из полиэтиленового биофильтра, следя за коричневым цветом воды.
- Повторите данную процедуру с каждым биофильтром и микрофильтром (и отключите шламовый насос после окончания). Следите, чтобы не произошло сифонирования воды из камеры биофильтра через шламовый насос. Если есть вероятность потери воды таким путем, закройте все сливные клапаны.

Простая прочистка биофильтра с использованием воздуха (продувка)

Два раза в неделю рекомендуется использовать процедуру простой продувки биофильтра. В этом случае прочистка биофильтра происходит с помощью воздуха.

Для простой продувки биофильтра следуйте приведенной ниже инструкции:

- Не меняйте режим течения воды через биофильтр
- Откройте клапаны продувки первого полиэтиленового биофильтра
- Проверьте, готова ли продувочная форсунка к использованию, затем включите ее.
- Направьте весь поток продувочного воздуха в первый биофильтр в течение 10-15 минут. Течение воды перенесет удаленное с биофильтра органическое вещество в следующую камеру.

- Направьте весь поток продувочного воздуха в следующий полиэтиленовый биофильтр в течение 10-15 минут. Повторяйте процедуру до последнего биофильтра. Не используйте продувку в микрофильтре.
- Все удаленное с биофильтров органическое вещество соберется в микрофильтре.

Чистка микрофильтра

Регулярность чистки микрофильтра зависит от нагрузки на систему. В качестве общего руководства рекомендуется чистить микрофильтр раз в неделю.

Для простой продувки микрофильтра следуйте приведенной ниже инструкции:

- Отключите течение воды через полиэтиленовые биофильтры.
- Используя шламовыпускной патрубок, понизьте уровень воды до 100 мм ниже верхней пластины микрофильтра (при наличии шламового насоса, пользуйтесь им).
- Перекройте продувочные клапаны всех камер полиэтиленового биофильтра. Откройте продувочный клапан микрофильтра.
- С помощью инженера проверьте, готова ли продувочная форсунка к использованию, затем отключите ее.
- Направьте весь поток продувочного воздуха в микрофильтр в течение 30 минут. Это количество воздуха поднимет уровень воды почти до водослива. Не позволяйте загрязненной воде вытечь через водослив.
- После продувки удалите всю воду из микрофильтра согласно инструкции по удалению шлама.

Глубокая очистка биофильтра

Если разница в напоре между камерами биофильтра и/или микрофильтра растет, а нормальная разница в напоре не может быть восстановлена посредством обычной чистки, Вам потребуется провести глубокую очистку биофильтра. Для выявления проблем с течением воды между биофильтром и микрофильтром, в каждой камере биофильтра используйте стандартные измерения расстояния между уровнем воды и верхним краем полиэтиленового цилиндра.

Перед глубокой промывкой отключите аэрацию в данной камере на два часа. В течение этого короткого времени камера будет использоваться как микрофильтр, собирая излишние отходы, удаленные в процессе очистки. В качестве общего руководства рекомендуется проводить глубокую очистку всех зон биофильтра раз в месяц.

Для глубокой очистки биофильтра следуйте приведенной ниже инструкции:

- Отключите течение воды через полиэтиленовые биофильтры.
- В течение 30 минут интенсивно аэрируйте фильтр(ы), который (которые) следует прочистить. Затем полностью удалите содержимое данного фильтра (данных фильтров), следуя инструкции по удалению шлама.

Чистка гидроксидом натрия (NaOH)

В случае серьезного засорения системы биофильтра, прочистите ее с использованием гидроксида натрия. На серьезное засорение могут указывать постоянные проблемы с разницей напора между камерами, признаки неравномерной аэрации в верхней части камеры и/или ухудшение эффективности биофильтра.

Для чистки биофильтра гидроксидом натрия следуйте приведенной ниже инструкции:

- Спустите содержимое данной части биофильтра
- Наполните ее раствором гидроксида натрия в пресной воде (NaOH, со значением pH, установленном на 12)
- Оставьте действовать в течение часа при постоянной аэрации, затем опять спустите фильтр, следуя инструкции по удалению шлама.

Решение проблем с биофильтром:

Проблема	Причина	Решение
Повышенная мутность воды	Слишком много аэрации	Убавить аэрацию
	Ухудшенное течение воды через биофильтр	Открыть клапан между дегазатором и биофильтром, увеличить проточность
Повышенный уровень общего аммонийного азота	Чрезмерная аэрация, ухудшенная эффективность нитрификации из-за повреждения биопленки	Убавить аэрацию
Повышенный уровень нитрита и общего аммонийного азота	Чрезмерная органическая нагрузка	Убедиться, что кормление не выходит за рамки, указанные в спецификациях системы. Проверить функционирование механического фильтра.
Пониженный уровень нитрата	Анаэробная деятельность	Усилить аэрацию, почистить биофильтр
Производство сероводорода (H ₂ S) (при чистке пахнет гнилыми яйцами)	Анаэробная деятельность	Усилить аэрацию, почистить биофильтр
Повышающаяся щелочность	Анаэробная деятельность	Усилить аэрацию, почистить биофильтр
Ухудшенное течение воды через биофильтр	Частично закрытые клапаны питания	Открыть клапан между дегазатором и биофильтром, увеличить проточность
Ухудшенное течение воды через биофильтр	Засорение биофильтра, его недостаточная чистка	Прочистить биофильтр согласно расписанию и специальным потребностям производства
Ухудшенная аэрация или ее отсутствие	Нарушение работы форсунок	Проверить форсунки, воздушный фильтр воздухозабора, предохранители и электричество

Иллюстрация 5.7 Таблица проблем с указанием их причин и возможных решений.

Необходимость в такой обработке может возникнуть только в случае отсутствия регулярного ухода за биофильтром. Для того, чтобы очищенная гидроксидом натрия камера снова вернула свою полную очистную способность, понадобится несколько (около 10–15) дней.

Предупреждения



Аэрируемая вода имеет меньшую плотность, чем обычная, что делает невозможным плавание в ней!



Рабочим разрешается наступать на верхнюю пластину биофильтра, только надев пояс безопасности! Следует также носить подходящую обувь и соблюдать осторожность, поскольку речь идет об исключительно скользкой поверхности!



При использовании инструментов, химикатов, машин и пр. соблюдайте все инструкции, относящиеся к процедурам безопасности!

Контроль уровня кислорода

Растворенный кислород (РК) является одним из важнейших параметров в рыбоводстве. Важно понимать разницу между насыщенностью, выраженной в процентах (%), и концентрацией, выраженной в миллиграммах на литр (мг/л). Когда вода насыщена воздухом, насыщенность РК составляет 100%. Для получения хороших производственных показателей необходимо правильно проводить мониторинг уровней кислорода на хозяйстве.

Концентрация кислорода, выраженная в миллиграммах кислорода на литр воды, зависит от температуры и атмосферного давления. При атмосферном давлении 1 013 мбар насыщенность 100% эквивалентна концентрации 14,6 мг/л при температуре 0°C, но только 6,4 мг/л при 40°C. Это означает, что в холодной воде в распоряжении рыб имеется намного больше кислорода, чем в теплой. Таким образом, выращивание рыб в теплой воде требует еще более тщательного мониторинга и контроля кислорода, чем в холодной воде.

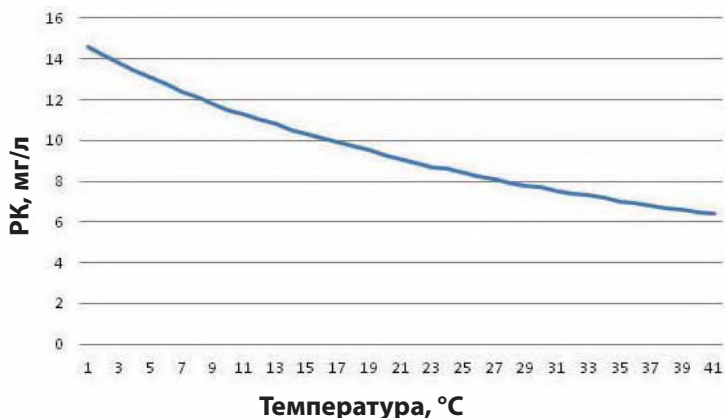


Иллюстрация 5.8 Концентрации (в мг/л) в пресной воде при 100%-ной насыщенности растворенного кислорода (PK). В холодной воде концентрация выше, чем в теплой.

Растворенный кислород в пресной воде												
мм рт.ст.	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790	800	
мбар	933	946	960	973	986	1000	1013	1026	1040	1053	1066	
Температура												
°C	°F											
0	32	13,4	13,6	13,8	14,0	14,2	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2	15,4
5	41	11,8	11,9	12,1	12,3	12,4	12,6	12,8	12,9	13,1	13,3	13,4
10	50	10,4	10,5	10,7	10,8	11,0	11,1	11,3	11,4	11,6	11,7	11,9
15	59	9,3	9,4	9,5	9,7	9,8	9,9	10,1	10,2	10,3	10,5	10,6
20	68	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,6
25	77	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,4	8,5	8,6	8,7
30	86	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9
35	95	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3
40	104	5,9	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,7

Иллюстрация 5.9 Концентрации растворенного кислорода в пресной воде (в мг/л) при 100%-ной насыщенности кислорода.

Концентрации растворенного кислорода также различаются в пресной и соленой воде. В пресной воде кислород более доступен, чем в соленой (см. иллюстрации 5.9 и 5.10).

Растворенный кислород в соленой воде						
Соленость в промилле		0	10	20	30	40
Температура						
°C	°F					
0	32	14,6	13,6	12,7	11,9	11,1
5	41	12,8	11,9	11,2	10,5	9,8
10	50	11,3	10,6	9,9	9,3	8,7
15	59	10,1	9,5	8,9	8,4	7,9
20	68	9,1	8,6	8,1	7,6	7,2
25	77	8,2	7,8	7,4	7,0	6,6
30	86	7,5	7,1	6,8	6,4	6,1
35	95	6,9	6,6	6,2	5,9	5,6
40	104	6,4	6,1	5,8	5,5	5,2

Иллюстрация 5.10 Концентрации растворенного кислорода в соленой воде (в мг/л) при 100%-ной насыщенности кислорода.

Современные оксиметры имеют сенсоры температуры и атмосферного давления, что позволяет им всегда давать правильные показания. При измерении концентрации кислорода в соленой воде, просто внесите значение солености в меню оксиметра, и он автоматически скорректирует концентрацию.

Это означает, что калибрация, к примеру, портативного оксиметра очень проста.

Включите оксиметр «Polaris». Он должен показывать значение 100,5%, но от этого возможны небольшие отклонения из-за разниц во влажности или концентрации кислорода в воздухе. Если требуется калибрация и протирание мембраны не помогает, выберите «Calibrate» и нажмите «OK», чтобы начать калибровку. Прогресс калибровки показан на дисплее. Когда появится надпись «Calibration done», нажмите «OK». Если калибровка блокируется и на дисплее появляется сообщение об ошибке, Вы можете выбрать точность калибровки «Field» («полевая») или начать принудительную калибровку, удерживая нажатой кнопку «OK», когда на дисплее появится надпись «Calibrate – Please wait». Результат может быть не совсем точным – во время измерений на дисплее будет мигать надпись

«Calibrate». По мере возможности, повторите калибровку, когда условия будут более стабильны.

Для того чтобы задать соленость водоема, в котором Вы проводите измерение, введите значение солености с помощью кнопок со стрелками, а также кнопок «OK» и «Esc». Таким образом, Ваши измерения (как концентрации в мг/л, так и насыщенности в %) будут точными.

Для проведения замера включите оксиметр «Polaris» и погрузите сенсор в воду. В стоячей воде немного подвигайте сенсор, скорости 5-10 см/сек. будет достаточно. После использования сполосните сенсор чистой водой и, если оксиметр намок, вытрите его насухо. В случае ошибки на дисплее будет мигать надпись «Error», «Warning» или «Calibrate». Более подробная информация приведена в списке статусов – см. «Status List».

В случае неподходящих условий оксиметр «Polaris» блокирует процесс калибровки и выводит на дисплей сообщение об ошибке. Например, меняющаяся или низкая температура может усложнить калибровку на открытом воздухе. Вы можете изменить чувствительность автоматических проверок – см. «Calibration Precision».

Для точных измерений необходима точная калибровка, что, в свою очередь, требует стабильных условий. Оксиметр «Polaris» проверяет условия и позволяет провести калибровку, только если они стабильны. Однако чувствительность этих проверок может быть изменена – см. «Calibration Precision».

Когда Вы не пользуетесь оксиметром «Polaris», храните его в футляре, в месте с умеренной и стабильной температурой. В таком случае перед использованием оксиметра «Polaris» Вы можете легко проверить и, в случае необходимости, повторить калибровку, не меняя места футляра и не вынимая сенсор из него.

Внимание! Если на дисплее мигает надпись «Renovate Probe», необходимо сменить сенсор.



Иллюстрация 5.11 Портативный оксиметр «Polaris» для измерения концентрации кислорода в воде в мг/л и насыщенности в %. Источник: Oxyguard International.

Образование и обучение

Управление рыбным хозяйством не менее важно, чем установка подходящего оборудования. Без людей с подходящим образованием или обучением эффективность хозяйства никогда не станет удовлетворительной. Рыбоводство, как правило, требует многих навыков, от управления ремонтно-маточным стадом и воспроизводством через перевод личинок рыб на корма и подращивание личинок, мальков и сеголеток до нагула товарной рыбы.

Обучение и образование могут осуществляться во многих различных формах, от практических курсов до академического образования в университете. Для получения всесторонних знаний об управлении УЗВ лучшим вариантом является комбинация теоретического и практического обучения.

Ниже перечислены темы, которые следует принять во внимание при организации программы обучения.

Общая гидрохимия

Понимание основных химико-физических параметров, имеющих значение для работы хозяйства, таких как аммоний, аммиак, нитрит, нитрат, pH, щелочность, фосфор, железо, кислород, углекислый газ и минерализация.

Технологии системы и общее управление

Понимание различных схем систем УЗВ, первичных и вторичных циклов воды. Планирование производства, режимы кормления, кормовые коэффициенты, взаимоотношения между удельной скоростью роста и другими показателями, регистрация и расчет размера, количества и биомассы рыб. Знание аварийных систем и процедур.

Расходные материалы

Понимание кормовых рецептур, расчет кормовых потребностей и выдача кормов, уровни потребления воды и ее источники, потребление электричества и кислорода, регулирование pH с использованием гидроксида натрия или извести.

Измерение различных параметров и калибровка измерительных приборов

Понимание показаний датчиков кислорода, углекислого газа, рН, температуры, минерализации, давления и т.д. Способность проводить тесты на концентрацию аммиака, нитрита, нитрата и TAN и рассчитывать их количество. Понимание азотного цикла. Калибровка приборов для измерения кислорода, рН, температуры, углекислого газа, минерализации, расхода воды, и т.д. Настройки сигнализации, уровней аварийных ситуаций и т.д. на ПЛК и ПК.

Машины и технические установки

Понимание механических характеристик компонентов системы, таких как механические фильтры, системы биофильтрации, в том числе, с неподвижной или плавающей загрузкой, дегазаторы, капельные и денитрифицирующие фильтры, а также ее потребности в текущем ремонте. Оперативное знание УФ-систем, насосов, компрессоров, систем контроля температуры, отопления, охлаждения, вентиляции, оксигенации, аварийной оксигенации, генераторов кислорода и запасных систем оксигенации, систем регулировки рН, преобразователей частоты насосов, электрических генераторов, систем ПЛК и ПК и автоматических систем кормления.

Оперативные знания

Практические навыки работы на рыбном хозяйстве, включая обращение с ремонтно-маточным стадом, икрой, личинками рыб, мальками и сеголетками, а также нагул товарной рыбы. Практический опыт обращения с рыбами, сортировки, вакцинации, счета и взвешивания, обращения с мертвыми рыбами, планирования производства и другой ежедневной работы на хозяйстве. Понимание важности мер по обеспечению биологической безопасности, гигиены, физического благополучия и здоровья рыб, а также их правильного лечения.

Поддержка управления

При запуске УЗВ приходится следить за большим количеством вещей, из-за чего бывает трудно расставить приоритеты и сконцентрироваться на правильных задачах. Часто очень сложно запустить систему таким образом, чтобы она работала на оптимальном уровне и на полную мощность.

Надзор или поддержка управления ежедневными производственными задачами со стороны опытного профессионала-рыбовода может помочь преодолеть проблемы начального этапа и избежать проблем с управлением. Частью этой поддержки может стать также непрерывное образование персонала и его практическое обучение на хозяйстве.

Рыбовод должен набрать команду квалифицированных специалистов, которые смогут управлять хозяйством 24 часа в сутки и 7 дней в неделю. Члены этой команды чаще всего должны работать посменно, чтобы обеспечить ночные дежурства и работу по выходным и праздникам.

Данная команда должна состоять из следующих людей:

- Директора, несущего общую ответственность за ежедневное управление практическими задачами на рыбном хозяйстве.
- Помощников, ответственных перед директором за практические вопросы работы на хозяйстве, особенно – за выращивание рыбы
- Одного или нескольких техников, отвечающих за техническое обслуживание и ремонт оборудования
- Часто также необходимо нанять нескольких рабочих для выполнения различных работ.

Важно позаботиться о том, чтобы у рабочего коллектива реально осталось время для обучения на месте с целью усовершенствовать свои профессиональные навыки. Очень часто обучением пренебрегают, поскольку приоритет отдается ежедневным задачам и кажется, что на обучение совсем нет времени. Тем не менее, это неподходящий путь для создания нового предприятия. Любая возможность углубить познания и повысить эффективность и профессиональность работы должна считаться максимально приоритетной.

Техническое обслуживание и ремонт

Для УЗВ следует составить программу технического обслуживания и ремонта, чтобы обеспечить непрерывную работу всех ее компонентов. В начале настоящей главы были перечислены различные процедуры. Следует уделить внимание решению всех возможных неполадок. Для того чтобы регулярно иметь в распоряжении профессиональную помощь, рекомендуется заключить договора об обслуживании с поставщиками различного оборудования. Вместе с текущим ремонтом также важно позаботиться об эффективном снабжении запчастями. На хозяйстве должны храниться полные наборы запчастей для наиболее важных установок, а также запасное оборудование, например, насосы и форсунки, для немедленного использования.

Глава 6: Очистка сточных вод

Отходы рыбоводства не исчезают даже при выращивании рыбы в УЗВ с постоянным повторным использованием воды. Загрязнения и выделения рыб должны попасть куда-либо даже в этом случае.

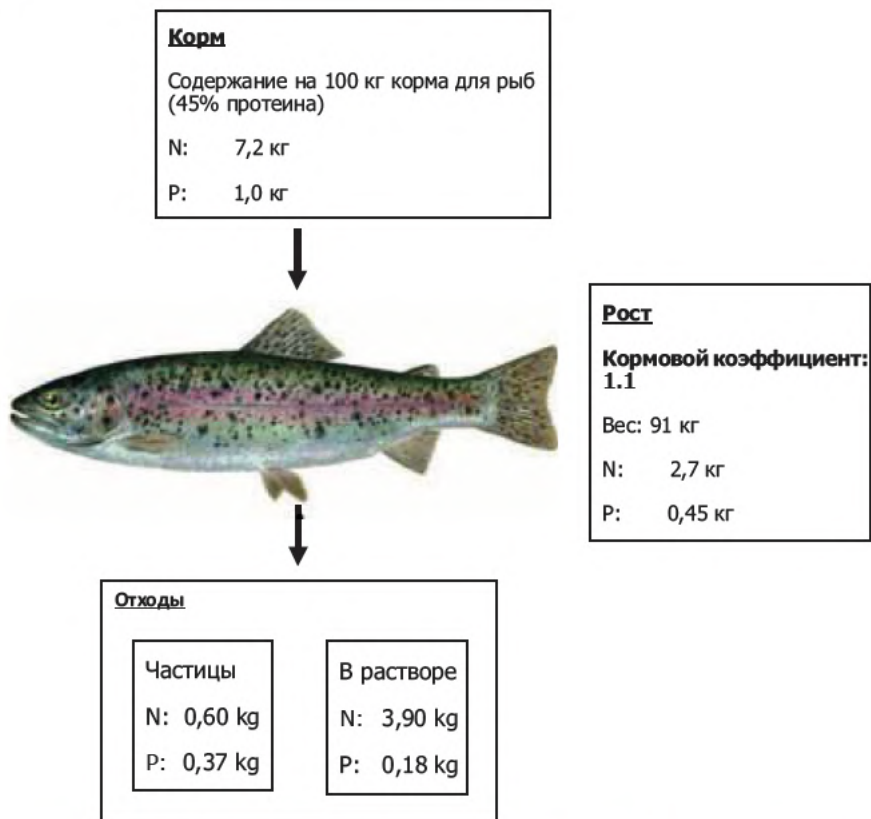


Иллюстрация 6.1 Выделение азота (N) и фосфора (P) выращиваемыми рыбами. Обратите внимание на количество N, выделенное в растворенном виде. Источник: *Biomar* и Агентство по охране окружающей среды Дании.

Биологические процессы в УЗВ в некоторой мере уменьшают количество органических соединений благодаря простому биологическому разложению или минерализации внутри системы. Тем не менее, значительное количество органического шлама из УЗВ по-прежнему требует обработки.

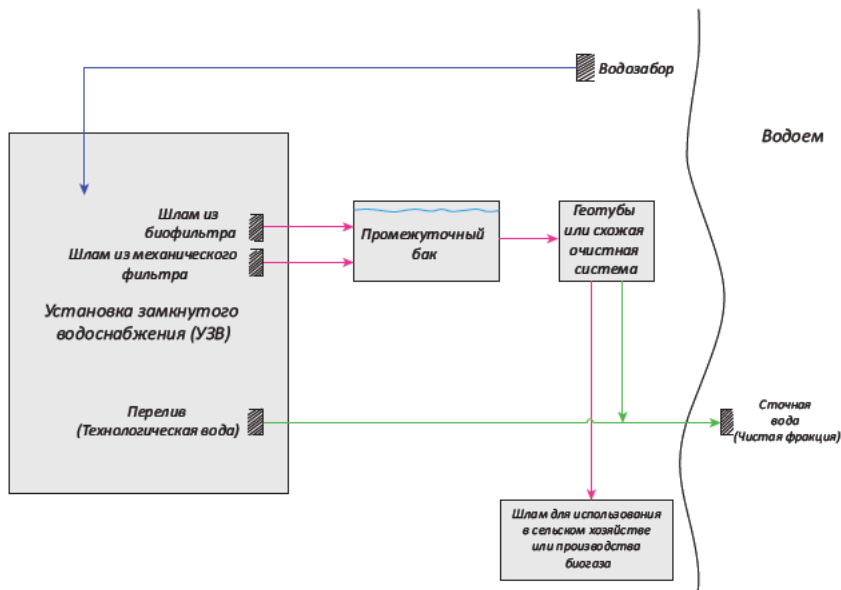


Иллюстрация 6.2 Схема потоков материалов на УЗВ и с нее.

В большинстве УЗВ предусмотрен перелив технологической воды для уравнивания входящих и выходящих объемов воды. Это та же самая вода, в которой плавают рыбы и, как таковая, она не может считаться загрязнителем, если только объем воды, сбрасываемой через перелив, не становится чрезмерным, что приводит к повышению годового количества загрязняющих веществ, сбрасываемых этим путем. Чем выше степень рециркуляции, тем меньше воды сбрасывается через перелив.

Сточная вода, покидающая процесс рециркуляции, обычно происходит из механического фильтра, где экскременты и другие органические вещества отделяются и поступают в шламовыпускной патрубок фильтра. Чистка и промывка биофильтров также увеличивают общий объем сточной воды, покидающей рециркуляционный цикл.

Сточная вода, покидающая УЗВ, может очищаться различными способами. Довольно часто перед системой удаления шлама устанавливается

промежуточный бак, в котором шлам отделяется от сточной воды. Отсюда фракция шлама попадает в шламонакопитель для седиментации или дальнейшего механического обезвоживания, после чего она сбрасывается на рельеф, обычно как удобрение или средство для мелиорации почв сельскохозяйственных ферм, но она также может использоваться для производства биогаза с целью получения тепла или электроэнергии. Механическое обезвоживание также облегчает обращение со шламом и уменьшает его объем, благодаря чему стоимость удаления или возможные сборы уменьшаются.



Иллюстрация 6.3 Пути шлама и воды внутри и снаружи УЗВ. Чем выше степень рециркуляции, тем меньше объем покидающей систему воды (пунктирная линия), равно как и объем требующих очистки сточных вод. Источник: Hydrotech.

Очищенная сточная вода после удаления шлама, как правило, имеет высокие концентрации азота, когда как фосфор может быть удален почти полностью в процессе удаления шлама. Полученная при этом сточная вода называется «осветленный сток» и может быть выпущена в окружающую среду, реку, море и т.д., вместе с водой из перелива УЗВ. либо возвращен в УЗВ. Питательные вещества, содержащиеся в осветленном стоке и в воде из перелива, могут быть удалены, если направить воду в водоочистные пруды с растениями, грунтово-корневую систему очистки или систему инфильтрации, где соединения фосфора и азота восстанавливаются.



Иллюстрация 6.4 Ленточный фильтр «Hydrotech», используемый для вторичной очистки вод (обезвоживания шлама).



Иллюстрация 6.5 Водоочистной пруд с растениями, расположенный после УЗВ для выращивания форели в Дании – до и после зарастания. Источник: Пер Боубьберг, DTU Aqua.

В качестве альтернативы осветленный сток может быть использован в качестве удобрения в аквапонических системах. Под аквапоникой подразумеваются системы, в которых отходы жизнедеятельности рыб используются для выращивания овощей, пищевых или лекарственных растений, как правило, в теплицах. В больших рыбоводных системах рекомендуется использовать шлам на сельскохозяйственных землях и для производства биогаза, а осветленный сток – в аквапонике, поскольку он проще в обращении и его легче приспособить к потребностям отдельных тепличных культур.

Азот, содержащийся в сточной воде, также может быть удален путем денитрификации. Как описано в Главе 2, в этом анаэробном процессе, преобразующим нитрат в атмосферный азот и, таким образом, удаляющим



*Иллюстрация 6.6 В рамках проекта «EcoFutura» исследовалась возможность выращивания томатов совместно с выращиванием нильской тиляпии (*Oreochromis niloticus*). Источник: Priva (Нидерланды)*

его из осветленного стока, в качестве источника углерода обычно используется метанол. Денитрификация также может быть использована внутри УЗВ для снижения уровня нитрата в технологической воде с целью снизить концентрацию нитрата и, таким образом, свести к минимуму потребность системы в подпиточной воде. Вне УЗВ денитрификация используется для снижения выпуска азота в окружающую среду. В качестве альтернативы метанолу, как источнику углерода, можно использовать осветленный сток, поступающий из системы удаления шлама. Использование осветленного стока в качестве источника углерода требует аккуратного управления камерой денитрификации, а обратная промывка и чистка камеры могут усложниться. Тем не менее, эффективная система денитрификации может значительно снизить содержание азота в сточной воде.

Важно отметить, что рыбы выделяют отходы не так, как другие животные, например, свиньи или крупный рогатый скот. Азот, главным образом, выделяется в форме мочи через жабры, только небольшая его часть выделяется с экскрементами через анальное отверстие. Фосфор выделяется только с экскрементами. Таким образом, основная часть азота полностью растворена в воде и не может быть удалена механическим фильтром. Удаление экскрементов механическим фильтром задержит меньшую часть азота, находящуюся в экскрементах, а также большую часть фосфора. Остающийся в воде растворенный азот преобразовывается в биофилтре,

главным образом, в нитрат. В этой форме азот легко усваивается растениями и может использоваться в качестве удобрения в сельском хозяйстве либо может быть удален в очистных прудах с растениями или в грунтово-корневых системах очистки.

Параметр	Рейсвей	Рейсвей	Рейсвей	Самоочищающийся бассейн	Самоочищающийся бассейн	Самоочищающийся бассейн
	40 м	60 м	90 м	40 м	60 м	90 м
	Эффективность, %	Эффективность, %	Эффективность, %	Эффективность, %	Эффективность, %	Эффективность, %
Общий P	50 75	40 70	35 65	65 84	50 80	45 75
Общий N	20 25	15 25	10 20	25 32	20 27	15 22
ВВ	50 80	45 75	35 70	60 91	55 85	50 80

Иллюстрация 6.7 Удаление азота (N), фосфора (P) и взвешенного вещества (ВВ) механическим фильтром. Источник: Научно-исследовательская станция рыбного хозяйства Баден-Вюртемберга, Германия.

Важно, чтобы экскременты из рыбоводных бассейнов сразу поступали на механический фильтр и не разбивались преждевременно. Чем более целыми и твердыми являются экскременты, тем больше процент удаления твердых частиц и других соединений. На иллюстрации 6.7 показаны оценочные показатели удаления азота, фосфора и взвешенных частиц (органического вещества) 50-микронным механическим фильтром.

Чем выше степень рециркуляции, тем меньше подпиточной воды используется и тем меньше сточной воды надо очищать. В некоторых случаях совсем нет возврата воды в окружающую среду. Тем не менее, постройка подобных «безотходных» рыбных хозяйств стоит дорого, а текущие расходы водоочистных сооружений значительны. Кроме того, ежедневное управление процессом очистки воды требует немало внимания, если мы хотим, чтобы система работала эффективно. При безотходном рыбоводстве надо также учитывать, что для предотвращения накопления в системе металлов и соединений фосфора всегда необходим определенный водообмен. Важно, чтобы власти и рыбовод условились о разрешении на выпуск загрязняющих веществ, обеспечивающем необходимую степень охраны окружающей среды, но в то же время сохраняющем экономическую жизнеспособность рыбоводного предприятия.

500 тонн выращенной форели				
Тип хозяйства и системы очистки	Потребление подпиточной воды на кг годового производства рыбы	Потребление подпиточной воды в кубометрах в час	Потребление подпиточной воды в сутки (% от общего объема)	Выпуск азота (кг/год)
Проточное хозяйство с прудом-отстойником	30 м ³	1 700 м ³ /ч	1 000 %	20 тонн N
УЗВ с удалением шлама и очистным прудом с растениями	3 м ³	170 м ³ /ч	100 %	10 тонн N
Суперинтенсивная УЗВ с удалением шлама и денитрификацией	0,3 м ³	17 м ³ /ч	10 %	5 тонн N

Иллюстрация 6.8 Сравнение выпуска азота при различных степенях рециркуляции. Расчеты основаны на теоретическом примере системы с мощностью 500 тонн/год с общим объемом воды 4 000 м³, из чего объем рыбоводных бассейнов составляет 3 000 м³. Выпуск азота снижается не из-за большей степени рециркуляции, а за счет использования водоочистных технологий. С другой стороны, более интенсивная рециркуляция облегчает очистку сточной воды, уменьшая ее объем.

Комбинация интенсивного рыбоводства, как происходящего в УЗВ, так и традиционного, с экстенсивными системами аквакультуры, такими как, например, традиционное карповодство, может стать простым способом утилизации биологических отходов. Когда излишек воды с интенсивного хозяйства поступает в карповые пруды, питательные вещества из интенсивной системы используются в качестве удобрения в экстенсивных прудах. Вода из экстенсивных прудов может повторно использоваться в качестве технологической воды в интенсивном хозяйстве. Водоросли и водная растительность, растущие в экстенсивных прудах, поедаются растительноядными рыбами, которые в итоге облавливаются и используются для потребления. В интенсивной системе достигаются эффективные условия выращивания, а экологические воздействия устраняются благодаря комбинации с экстенсивными прудами.

Для инновационного предпринимателя этот тип рециркуляционной аквакультуры обеспечивает много возможностей. Пример комбинации

различных систем выращивания может быть развит еще больше через создание предприятий рекреационного рыболовства, где спортивная ловля карпа или ловля форели из зарыбленных прудов могут стать частью более широкого круга туристических услуг, включающего в себя гостиницы, рыбные рестораны и другие объекты.



Иллюстрация 6.9 Комбинация интенсивных и экстенсивных рыбоводных систем в Венгрии. Возможности кажутся неограниченными. Источник: Ласло Варади, Институт рыболовства, аквакультуры и ирригации (НАКИ), г. Сарваш, Венгрия

Глава 7: Заболевания

Существует много примеров УЗВ, работающих без каких-либо проблем с заболеваниями. Фактически можно полностью изолировать УЗВ от нежелательных патогенов рыб. Важнее всего следить за тем, чтобы икра или рыбы, используемые для зарыбления установки, были абсолютно свободными от заболеваний и, по мере возможности, происходили из сертифицированной культуры, свободной от болезней. Следите за тем, чтобы используемая вода была свободна от патогенов или стерилизовалась перед попаданием в систему; намного лучше использовать воду из скважины, колодца или другого подобного источника, чем воду, поступающую прямо из моря, реки или озера. Кроме того, следите за тем, чтобы никто из людей, проходящих на хозяйство, будь то посетители или рабочие, не занес никаких заболеваний.

При любой возможности следует тщательно дезинфицировать систему. Это относится как к новым установкам, готовым к первому запуску, так и к существующим системам, из которых удалили рыбу и которые готовы к новому производственному циклу. Следует помнить о том, что заболевание из одного бассейна УЗВ, по всей вероятности, распространится также на другие бассейны системы. Это объясняет важность профилактических мер.



Иллюстрация 7.1 Ножная ванна с 2% раствором йода для предотвращения распространения заболеваний.

В УЗВ, использующих икру диких рыб, например, в целях пополнения естественных запасов, невозможно получить икру из сертифицированной культуры, свободной от болезней. В таких случаях всегда существует риск внесения патогенов, живущих внутри икринок, таких как IPN (инфекционный некроз поджелудочной железы), BKD (бактериальная почечная болезнь) и, возможно, вирус герпеса, которые не могут быть уничтожены путем дезинфекции икры. Пример схемы профилактических мер приведен на иллюстрации 7.2.

Хорошим способом для предотвращения распространения патогенов внутри системы является физическое разделение различных этапов производства. Таким образом, инкубационный цех должен работать как изолированная и закрытая система, так же как и выростной и нагульный блоки. Если на хозяйстве содержится ремонтно-маточное стадо, оно также должно быть изолировано в отдельном блоке. Это позволяет на практике легче ликвидировать заболевания.

Некоторые хозяйства построены по принципу «пусто – занято», что означает, что каждый блок полностью освобождается от рыбы и дезинфицируется,

О чем следует помнить?	Как это делается?
Чистый источник подпиточной воды	По возможности, используйте грунтовые воды. Дезинфицируйте их УФ-излучением. В отдельных случаях можете использовать песочные фильтры и озон.
Дезинфекция системы	Наполните систему водой и повысьте pH до 11–12 с помощью гидроксида натрия NaOH. Количество – около 1 кг на кубический метр воды, в зависимости от ее буферной емкости.
Дезинфекция оборудования и поверхностей	Погрузите предмет в раствор йода концентрацией 1,5% или как указано в инструкции, либо опрыскайте его им. Оставьте на 20 минут, после чего сполосните чистой водой.
Дезинфекция икры	Оставьте партию икры (икру радужной форели на стадии глазка) на 10 минут в растворе концентрацией 300 мг йода на 50 л воды. Меняйте раствор каждый раз после дезинфекции 50 кг икры.
Работники	Переодевайтесь и переобувайтесь на входе в установку. Мойте или дезинфицируйте руки.
Посетители	Переобувайтесь или используйте ножную ванну для погружения в нее обуви (2% раствор йода). Мойте или дезинфицируйте руки. Посетители не должны ни к чему прикасаться внутри установки.

Иллюстрация 7.2 Пример схемы профилактических мер.

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

Лечение заболеваний рыб в УЗВ отличается от такового на традиционных рыбных хозяйствах. На традиционных рыбных хозяйствах вода используется только один раз, прежде чем она покидает систему. В УЗВ использование биофильтров и постоянная рециркуляция воды требуют другого подхода. Добавление лекарственных препаратов влияет на всю систему, включая рыбу и биофильтры, поэтому при лечении требуется большая осторожность. Очень трудно дать точные указания относительно дозировки, требуемой для лечения того или иного заболевания в УЗВ, поскольку эффективность препарата зависит от многих различных параметров, таких как жесткость воды, содержание органического вещества, температура воды и скорость течения. Поэтому большой практический опыт – единственное решение данной проблемы. От одной обработки к другой концентрации должны увеличиваться осторожно, чтобы не убить рыб или не вывести из строя биофильтр. Всегда следуйте принципу «береженого бог бережет». При любой вспышке заболевания лекарственные препараты должны быть прописаны местным ветеринаром или ихтиопатологом. Он же должен объяснить, как их использовать. Вы также должны внимательно прочесть инструкции по безопасности, так как при неправильном использовании некоторые препараты могут причинить значительный вред людям.

Лечение от эктопаразитов, то есть паразитов, живущих на внешней поверхности тела рыб, на коже и в жабрах, может осуществляться путем добавления химических веществ в воду. Любые грибковые инфекции лечатся таким же образом, как эктопаразитарные заражения. В пресноводных системах использование поваренной соли (NaCl) является эффективным способом уничтожения большинства паразитов, в том числе, причиняющих бактериальное заболевание жабр. Если обработка солью не помогает, использования формалина (HCHO) или перекиси водорода (H₂O₂) обычно хватает для излечения любых оставшихся паразитарных инфекций. Купание рыб в растворе празиквантела и флубендазола также доказанно является эффективным средством против эктопаразитов.



Иллюстрация 7.3 Вскрытие радужной форели, страдающей раздутием плавательного пузыря. Данный симптом, вероятнее всего, вызван перенасыщением газов в воде.

Также доказано, что механическая фильтрация является довольно эффективным методом против распространения эктопаразитов. Использование 70-микронной фильтрующей ткани удаляет некоторые стадии развития сосальщика *Gyrodactylus*, а 40-микронная фильтровальная ткань может удалить даже яйца различных паразитов.

Наиболее надежным способом лечения является купание рыб в ванне с раствором химического вещества. Однако, на практике, данный метод плохо осуществим, поскольку обрабатываемые объемы рыбы часто слишком велики. Вместо этого рыба содержится в бассейне, где поступление воды отключается и оксигенация или аэрация бассейна осуществляется за счет распылителей. В бассейн добавляется раствор химического вещества, в котором рыбу оставляют плавать в течение определенного времени. Затем водоподача опять открывается и, по мере смены воды в бассейне, раствор постепенно разбавляется. Вода, вытекающая из бассейна, разбавляется водой, находящейся в системе УЗВ, и потому концентрация в биофилтре будет значительно ниже, чем в обработанном бассейне. Таким образом, в отдельном бассейне можно достичь относительно высокой концентрации химического вещества с целью уничтожения паразита, в то же время минимизируя воздействие данного средства на систему биофильтрации.

Как рыбы, так и биофильтры могут быть адаптированы к обработке солью, формалином и перекисью водорода путем медленного повышения концентрации от одной обработки к другой. После обработки бассейна, полного рыбы, эта вода, вместо возврата в систему, также может быть откачана в отдельный блок для очистки.

С другой стороны, в случае икры обработка в ванне является подходящим способом для обработки миллионов икринок за короткое время, например, при дезинфекции форелевой икры йодом (Иллюстрация 7.2). Этот метод



Иллюстрация 7.4 Икра радужной форели. Для избежания заболеваний рекомендуется дезинфицировать икру рыб перед внесением ее в УЗВ. Источник: Torben Nielsen, AquaSearch Ova.

также может быть использован для обработки икры, зараженной плесенью (*Saprolegnia*): просто погрузите икру в раствор соли (7‰) на 20 минут.

В инкубационных цехах, откуда рыбы удаляются, как только они готовы к переходу на внешнее питание, эффективность биофильтра имеет меньшее значение, поскольку уровень аммиака, выделяемого икрой и мальками, является очень низким. Поэтому лечение представляет собой более простую задачу, поскольку надо следить только за выживанием икры и рыб. Следует также отметить, что общий объем воды в инкубационном цехе является небольшим, поэтому полная замена воды может быть осуществлена быстро. В связи с этим в инкубационном цехе можно безопасно и удачно осуществить лечение, обработав одновременно всю систему.

Обработка всей системы в крупных УЗВ представляет собой более рискованное действие. Основными правилами являются удержание концентраций на низком уровне и проведение обработки в течение более долгого периода времени. Это требует внимания и опыта. Концентрация должна медленно повышаться от обработки к обработке, а между ними следует оставить несколько дней без обработки, чтобы можно было внимательно проследить за влиянием данной концентрации на смертность рыб, их поведение, а также качество воды. Обычно как рыбы, так и биофильтр адаптируются к препарату, и потому концентрация может увеличиваться без отрицательных эффектов, что повышает вероятность уничтожения паразита. Соль отлично подходит для более долговременной обработки, но формалин также успешно использовался в течение 4–6 часовых периодов. Биофильтр просто адаптируется к формалину и разлагает это вещество так же, как и любой другой углерод, происходящий из органических соединений в системе.

Как было отмечено выше, невозможно привести точные концентрации и рекомендации по использованию химикатов в УЗВ. Вид рыб, их размер, температура воды, ее жесткость, количество органических веществ, скорость водообмена, адаптация и т.д. – все должно приниматься во внимание. Поэтому нижеприведенные указания являются очень приблизительными.

Соль (NaCl): Соль относительно безопасна в использовании и она может использоваться в пресной воде для лечения «манки», болезни белых пятен (ихтиофтириоза, *Ichthyophthirius multifiliis*) и распространенного грибка сапролегнии. В пелагической фазе ихтиофтириус может быть убит концентрацией соли 10‰, а новые результаты указывают на то, что донные стадии развития погибают при 15‰. Жидкости в организме рыб содержат около 8‰ соли и большинство пресноводных рыб выдерживают соленость воды, приблизительно равную этой, в течение нескольких недель. В инкубационном цехе концентрация 3–5‰ предотвратит грибковые инфекции.

Формалин (НСНО): Обработка низкими концентрациями формалина (15 мг/л) на протяжении долгого времени (4–6 часов) с успехом используется для лечения от инфекций, вызванных видами *Ichthyobodo necator* (или *Costia*), *Trichodina* sp., *Gyrodactylus* sp., прикрепленных ресничных инфузорий и ихтиофтириуса. При концентрации около 8 мг/ч/м² площади биофильтра и температуре 15°C формалин относительно быстро разлагается в биофильтре. Однако он может снизить скорость преобразования азота бактериями в биофильтре.

Перекись водорода (H₂O₂): Не используется широко, хотя опыты дали многообещающие результаты относительно ее использования в качестве

заменителя формалина при концентрациях между 8 и 15 мг/л в течение 4–6 часов. Обработка может снизить эффективность биофильтра, как минимум, на 24 часа, но она вернется к нормальному значению через несколько суток.

Другие химические средства, такие как медный купорос или хлорамин-Т, не рекомендуются к использованию. Они очень эффективны в лечении, например, бактериального заболевания жабр, однако вероятность серьезного повреждения биофильтра очень велика и весь процесс рециркуляции, так же как и производство, может понести тяжелые потери.

В случае бактериальных инфекций, таких как фурункулез, вибриоз или бактериальная почечная болезнь, единственным способом лечения рыб является использование антибиотиков. В некоторых случаях рыбы могут заразиться паразитами, живущими внутри рыб, и средством удаления таковых также являются антибиотики.

Антибиотики подмешиваются в корма и скармливаются рыбам по несколько раз в сутки в течение, например, 7 или 10 суток. Концентрация антибиотиков должна быть достаточной для уничтожения бактерий и прописанную концентрацию лекарственного препарата и время обработки следует тщательно соблюдать, даже если рыбы перестают умирать во время лечения. Если лечение прекращается перед окончанием предписанного срока, существует высокий риск того, что инфекция начнется заново.

Лечение антибиотиками в УЗВ мало влияет на бактерии биофильтра. Концентрации антибиотиков в воде, по сравнению с их концентрациями внутри рыб, обрабатываемых кормами с лекарством, являются относительно низкими, а их воздействие на бактерии биофильтров – еще ниже. В любом случае необходимо внимательно следить за параметрами качества воды, чтобы обнаружить любые изменения, поскольку они могут указывать на какое-либо воздействие на биофильтр. Может потребоваться изменение рационов кормления, использование большего количества подпиточной воды или изменение расхода воды в системе.

В соответствии с предписаниями местного ветеринара, Вы можете использовать различные антибиотики, такие как сульфадиазин, триметоприм или оксолиновая кислота.

Лечение против IPN, VHS (вирусной геморрагической септицемии) или других вирусов невозможно. Единственный способ для избавления от вирусов – освободить все рыбное хозяйство от рыб, продезинфицировать систему и начать всю работу заново.

Глава 8: Анализ конкретных примеров

Производство смолта лосося в Чили

Рост чилийского производства лосося в 90-е годы потребовал увеличения снабжения смолтом пресноводного происхождения, которым зарыблялись морские садки для нагула. Смолт производился в речной воде или озерах, где вода была слишком холодной. Это производство причиняло вред окружающей среде. Внедрение рециркуляции помогло рыбододам, выращивающим смолта, производить огромные объемы посадочного материала при значительно меньших расходах и экологически чистым способом. Оптимальные условия выращивания также привели к более быстрому росту, что позволило производить четыре партии смолта в год, вместо одной партии в год при прежней технологии. Это изменение сделало всю производственную цепочку более бесперебойной, вследствие постоянного потока смолта, высаживаемого в садки, откуда затем крупный лосось облавливается в постоянном темпе и в подходящем для рынка размере.



Иллюстрация 8.1 УЗВ для выращивания смолта в Чили. Источник: Бент Хэйгор.

Выращивание тюрбо в Китае

Рециркуляционная аквакультура в морской воде является постоянно растущей отраслью, в которой выращивается много различных видов, таких как груперы, баррамунди, королевская макрель, палтус, камбала и др. Тюрбо – подходящий вид для рециркуляционной технологии, которая используется также и китайскими рыбоводами. Производственные результаты таких установок показывают, что вид очень хорошо растет в полностью контролируемых условиях. Оптимальная температура для выращивания тюрбо меняется с его размером. Данный вид, как правило, чувствителен к изменениям условий обитания. Как показывает опыт, при выращивании тюрбо исключение подобных изменений хорошо окупается, поскольку тюрбо весом 2 кг может быть выращен за два года, тогда как при обычных условиях выращивания это занимает 4 года.



Иллюстрация 8.2 Хозяйство для выращивания тюрбо в Китае. Источник: AKVA group.

Образцовые форелевые хозяйства в Дании

Дания, несомненно, является лидером в экологически безопасном форелеводстве. Строгие экологические требования заставляют рыбоводов внедрять новые технологии, чтобы свести к минимуму количество сточной воды со своих хозяйств. Рециркуляция внедрялась путем создания так называемых «образцовых рыбных хозяйств» с целью увеличения производства и, одновременно, снижения воздействий на окружающую среду. Вместо использования огромных объемов воды из рек, на хозяйства



Иллюстрация 8.3 Образцовое хозяйство в Дании. Источник: Коре Микельсен, Danish Aquaculture.

насосами подается и рециркулируется ограниченное количество грунтовой воды из ее верхних слоев. Эффект такой технологии значителен: более постоянная температура воды в течение всего года, в совокупности с современными установками, приводит к более высоким темпам роста и более эффективному производству при более низких расходах, включая инвестиционные расходы. Положительные экологические воздействия этих хозяйств показаны в Главе 6.

Рециркуляция и пополнение запасов

Сохранение чистоты рек и озер, а также естественных запасов рыб, стало важной целью охраны окружающей среды во многих странах. Одной из многих существующих природоохранных инициатив является восстановление природных местообитаний и зарыбление вод исчезающими видами или линиями рыб.

Кумжа является популярным объектом спортивного рыболовства, обитающим во многих реках Дании, где почти в каждой реке есть своя, отдельная линия данного вида. Генетическое картирование, проведенное учеными, позволяет различить различные линии. Когда кумжа достигает половой зрелости, она возвращается из моря в свою родную реку для

нереста. В части Дании, называемой Фюн, реки были восстановлены, а сохранившиеся дикие линии были спасены с помощью программы зарыбления, опирающейся на аквакультуру в УЗВ. Созревшие рыбы отлавливаются электроудочкой, затем от них получают икру, которая инкубируется в УЗВ. Приблизительно через год потомство выпускается в ту же реку, откуда были выловлены их родители. Были спасены различные линии и можно надеяться, что по прошествии необходимого времени, кумжа сможет самостоятельно существовать в данном месте обитания.

Очень важным результатом является то, что, вследствие этой программы, спортивные рыболовы, ловящие рыбу вдоль берегов Дании, имеют значительно больший шанс поймать кумжу, чем прежде. Поэтому рыболовный туризм стал приносить хорошие доходы местным предприятиям, таким как гостиницы, кемпинги, рестораны и т.д. Таким образом, возникла взаимовыгодная ситуация, как для природы, так и для местных коммерческих интересов.



Иллюстрация 8.4 Фотография научно-исследовательской аквапонической системы при Институте всемирных продовольственных проблем и сельского хозяйства вблизи Копенгагена (Дания). Система построена внутри существующей теплицы и включает в себя рыбоводные бассейны и столы для выращивания салата, а также УЗВ с двумя независимыми водными циклами. В одном из циклов вода проходит через систему фильтрации, откуда она может быть направлена либо к столам, где выращиваются растения, либо обратно в рыбоводные бассейны. В другом цикле вода поступает напрямую к столам для выращивания растений, где может выращиваться салат или травы, такие как шалфей, базилик или чабрец. Источник: Пауль Рюэ Кледаль, Институт всемирных продовольственных проблем и сельского хозяйства.

Аквапоника

Уже тысячу лет назад в древнем Китае совместно выращивали растения и рыбу. Растения растут, используя питательные вещества, выделенные рыбами, и как рыбы, так и растения используются для человеческого потребления. В современной аквакультуре комбинация выращивания рыб в УЗВ и выращивания тепличных растений в гидропонике, т.е. без почвы, с использованием содержащей питательные вещества воды, называется «аквапоника». Данная технология еще не вышла на индустриальный уровень, но в малом масштабе ее широко используют во всем мире.

Мегахозяйства

По мере роста мировой продукции аквакультуры размер рыбных хозяйств постоянно увеличивается. Сегодня среднее морское садковое рыбное хозяйство в Норвегии производит на одном участке около 5 000 тонн лосося в год. Наземных систем такого размера еще не существует, но уже появляются проекты новых УЗВ с такими мощностями для производства лосося и форели.



Иллюстрация 8.5 Строящееся лососевое хозяйство мощностью 2 000 тонн в г. Хиртсхальс (Дания) в 2013 г. Система основана на рециркуляционной технологии и будет расположена внутри строящегося здания, которое обеспечит контроль температуры и высокую степень биологической безопасности. Лосось будет выращиваться от икры до размера 4 кг за 2 года в больших бассейнах объемом почти по 1 000 м³. Белые мешки на первом плане наполнены биоуплотнителем для загрузки камер биофильтра. Источник: Аксель Сёгор/АКВА group.

Комбинация наземных хозяйств с садковым рыбоводством является очень эффективным способом производства и, вероятно, наиболее конкурентоспособной системой. Молодь выращивается в эффективных и контролируемых наземных системах, затем выпускается для нагула в большие морские садки. В некоторых районах садковое рыбоводство непопулярно, поэтому здесь наземные хозяйства, основанные на УЗВ, рассматриваются как будущий способ выращивания объектов рыбоводства. Экологический след подобных систем мал, так же как и их потребление воды. Несмотря на то, что себестоимость производства здесь выше, чем в садках, эти системы отличаются высокой безопасностью продовольственной продукции и полным контролем условий, а их производство является постоянным и предсказуемым.

Будущее рециркуляции

Предварительное подращивание рыб в УЗВ до более крупного размера перед их выпуском в морские садки является одним из возможных путей повышения рентабельности. Норвежская отрасль лососеводства

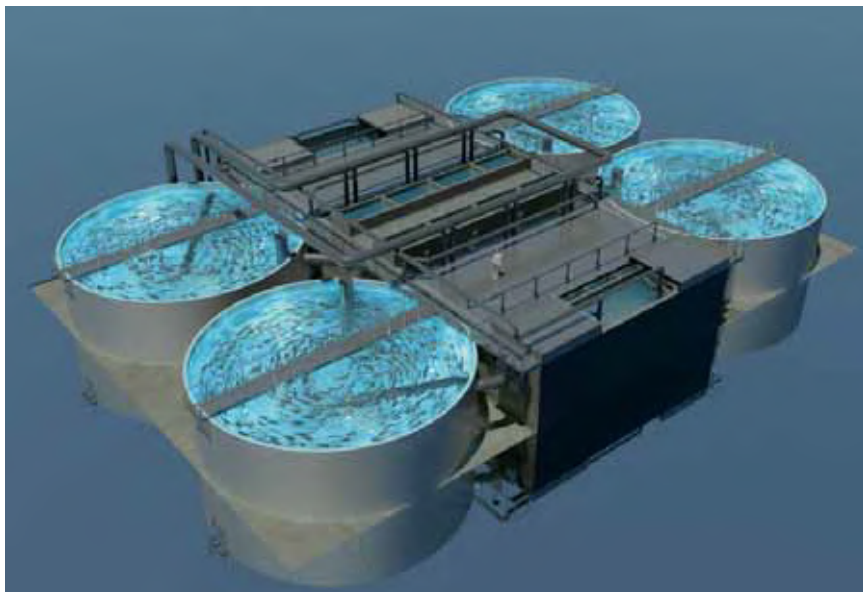


Иллюстрация 8.6 Размер УЗВ постоянно растет, так же как и размер их бассейнов, чтобы соответствовать растущим объемам производства. Увеличение навески смолта в Норвегии со 100 г до 300 г утроит объемы наземного производства, т.е. нынешнее норвежское наземное производство смолта, составляющее около 35 000 т в год, вырастет приблизительно до 100 000 тонн.

инвестирует деньги в создание больших УЗВ для подращивания смолта до более крупных размеров. В настоящее время навеска смолта при выпуске в садки, как правило, составляет 100 г. Увеличение навески до 300 г перед зарыблением значительно улучшит здоровье и рост рыб в период выращивания вплоть до облова, происходящего по достижению товарного размера (обычно 4-5 кг).

Список литературы

Fundamentals of Aquaculture, A Step-by-Step Guide to Commercial Aquaculture by James W. Avault Jr., AVA Publishing Company Inc., Baton Rouge, Louisiana 70884-4060 USA, 1996, ISBN 0-9649549-0-7

Recirculation Aquaculture by M.B. Timmons & J.M. Ebeling, NRAC Publication No. 01-007, Cayuga Aqua Ventures, USA, 2002, ISBN 978-0-9712646-2-5

Recirculating Aquaculture Systems by R.A.M. Remmerswaal, INFOFISH Technical Handbook 8, 1997, ISBN 983-9816-10-1

Aquaculture, Volume 1 & 2, Edited by Gilbert Barnabé, Ellis Horwood Limited, Chichester, West Sussex, PO19 1EB, England, 1990, ISBN 0-13-044108-2

Aquacultural Engineering by Fredrick W. Wheaton, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 32950 USA, 1993, ISBN 0-89464-786-5

Biology of Microorganisms by Thomas D. Brock, David W. Smith and Michael T. Madigan, Prentice-Hall International, USA, 1984, ISBN 0-13-078338-2

Aquaculture for Veterinarians: Fish Husbandry and Medicine, Edited by Lydia Brown, Pergamon Press Ltd., Oxford, UK, 1993. ISBN 008-040835

Manual on Effluent Treatment in Aquaculture: Science and Practise. Outcome of the EU supported Aquatreat.org project, 2007

The State of World Fisheries and Aquaculture 2014, FAO Fisheries and Aquaculture Department, Viale delle Terme de Caracalla, 00153 Rome, Italy, 2007, ISBN 978-92-5-108275-1

Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark. By Alfred Jokumsen and Lars M. Svendsen. DTU Aqua, National Institute of Aquatic Resources. DTU Report no. 219-2010. ISBN 978-87-7481-114-5

Приложение

Контрольный список для использования при внедрении систем рециркуляции		
1.0	Информация о проекте	
1.01	Описание целей и задач проекта	
1.02	Выращиваемые виды	
1.03	Годовое производство в тоннах и количестве особей	
1.04	Размеры рыб (на входе и на выходе) – план производства	
1.05	Количество партий в год	
1.06	Оценка кормового коэффициента (КК)	
1.07	Имеющиеся чертежи или другая доступная информация	
1.08	Есть ли разрешение на выпуск загрязняющих веществ? Ограничения, дозволенные уровни, и т.д.	
1.09	Наличие директора-распорядителя или специалиста-рыбовода	
1.10	Другая важная информация, особые проблемы и пр.	
2.0	Информация об участке	
2.01	Соленая или пресная вода? Содержание соли в морской воде	
2.02	Имеющийся источник воды. Море, река, колодец, грунтовая вода, скважина	
2.03	Доступный объем воды (л/с)	
2.04	Температура воды. Летняя / зимняя Суточные колебания	

2.05	Анализ воды. Результаты рН	
2.06	Погодные условия, Максимальная / минимальная температура воздуха Холодные зимы, экстремальная летняя жара, и т.д.	
2.07	Состояние места застройки	
2.08	Температура почвы, максимальная / минимальная	
2.09	Имеется ли земельный участок? Форма строительного участка	
2.10	Наличие места для очистки сточных вод. Пруды-отстойники, системы инфильтрации, и т.д.	
2.11	Нулевая отметка уровня грунта	
2.12	Укажите местные источники электроэнергии	
3.0	Что представляет собой данное сооружение?	
3.01	Инкубационный цех	
3.02	Рыбопитомник (до перехода на внешнее питание)	
3.03	Подращивание / вырост	
3.04	Нагул	
3.05	Ремонтно-маточное стадо	
3.06	Производство живых кормов	
3.07	Отделение для удаления нежелательных привкусов и запахов из рыбы	
3.08	Карантинное отделение (при ввозе рыб) Акклиматизационное отделение (при вывозе рыб)	
3.09	Очистка воды при водозаборе	
3.10	Очистка сточных вод	
3.11	Сортировка / Облов / Доставка живой рыбы	

Приложение

3.12	Переработка / Упаковка / Холодильный склад / Оборудование для производства льда	
3.13	Лаборатория / Мастерская Офис / Столовая	
3.14	Аварийный генератор	
3.15	Кислородный генератор / Аварийный кислородный бак	
3.16	Система подогрева / охлаждения воды	
3.17	Требования к строительству, изоляция	
3.18	Архитектура Окрестности	

Основное содержание

- Помощь рыбоводам в преобразовании своих хозяйств в УЗВ
- Введение в технологию и методы управления
- Рекомендации по надлежащей практике при переходе на УЗВ
- Управление УЗВ, включая образование и обучение
- Примеры из различных проектов УЗВ

Автор, Якоб Брайнбалле из компании «AKVA group», более 30 лет работает в области аквакультуры в УЗВ в разных частях света, как в сфере научных исследований, так и на практике. Он является одним из ведущих экспертов в данной области и участвовал в совершенствовании УЗВ для выращивания многих видов. Он имеет степень магистра, полученную в Копенгагенском университете, и руководит собственным рыбным хозяйством в течение 25 лет.

Настоящее руководство издано Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) и Международной организацией «ЕВРОФИШ».

Eurofish
H.C. Andersens Boulevard 44-46
DK-1553 Copenhagen V,
Denmark

Tel.: (+45) 333 777 55
Fax: (+45) 333 777 56
info@eurofish.dk
www.eurofish.dk

The FAO Sub-regional Office for
Central and Eastern Europe
Benczur utca 34
H-1068 Budapest, Hungary

Tel.: (+36) 1 4612000
Fax: (+36) 1 3517029
fao-seur@fao.org
www.fao.org/regional/seur

ISBN 978-87-992601-6-4



9 788799 260164