

Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения

Введение в новые экологические и высокопродуктивные
замкнутые рыбоводные системы

Автор: Якоб Брайнбалле



Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения

Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые
рыбоводные системы

Автор: Якоб Брайнбалле

Копенгаген, 2010 г.

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
Специалист ФАО по рыбному хозяйству
в Центральной и Восточной Европе

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 достигли своего пика в 2006 г. на уровне около 90 миллионов тонн, тогда как производство аквакультурной продукции по-прежнему растет со скоростью около шести процентов в

год, при мировом объеме производства почти 52 миллиона тонн. 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 влияние 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. Эта книга является совместным изданием организации ЕВРОФИШ, Субрегионального бюро ФАО по Центральной и Восточной Европе (FAO SEUR) и компании «AKVA group».



ЕВРОФИШ

Айна Афанасьева
Директор

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

Якоб Брайнбалле из компании «AKVA group» работает в области аквакультуры с использованием УЗВ более 30 лет. У него есть собственное рыбное хозяйство (Аснес Фискеопдрет) и он участвовал во многих и технологических инновациях, 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 25-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.

AKVAGROUP™

Контактная информация:
AKVA group Denmark A/S
Teknikervej 14
DK-7000 Fredericia, Denmark

Tel.: +45 7551 3211
Mob.: +45 2068 0994
Fax: +45 7551 4211
www.akvagroup.com

Оглавление

1. Введение. Аквакультура в установках замкнутого водоснабжения.....	7
2. Установки замкнутого водоснабжения – шаг за шагом.....	11
Компоненты УЗВ.....	13
-Рыбоводные бассейны.....	13
-Механическая фильтрация.....	17
-Биологическая очистка.....	18
-Дегазация, аэрация и зачистка.....	23
-Оксигенация.....	25
-Ультрафиолетовое излучение.....	26
-Озон.....	27
-Регуляция уровня рН.....	27
-Теплообмен.....	28
-Насосы.....	28
-Мониторинг, контроль и сигнализация.....	30
-Аварийные системы.....	31
-Поступающая вода.....	32
3. Объекты рыбоводства в УЗВ.....	33
4. Планирование и осуществление проектов.....	39
5. Эксплуатация УЗВ.....	45
6. Очистка сточных вод.....	49
7. Заболевания.....	55
8. Анализ конкретных примеров.....	63
Производство смолта лосося в Чили.....	63
Выращивание тюрбо в Китае.....	64
Образцовые форелевые хозяйства в Дании.....	64
Рециркуляция и пополнение запасов.....	65
Мегахозяйства.....	67
Список литературы.....	68
Приложение - Контрольный список, который нужно использовать при внедрении системы рециркуляции.....	69

1. Введение. Аквакультура в установках замкнутого водоснабжения

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, двустворчатых 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, предоставляя широкий выбор для всех заинтересованных лиц. УЗВ используются в широком спектре производственных единиц: от огромных промышленных предприятий, производящих много тонн рыбы в год, до небольших специализированных систем, используемых для пополнения запасов или для спасения исчезающих видов.



Иллюстрация 1.1 Фотография крытой УЗВ.

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 200 литров свежей воды на килограмм произведенной рыбы, тогда как другие системы являются традиционными хозяйствами под открытым небом,

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 сбрасываемой воды намного меньше такового, сбрасываемого традиционными рыбными хозяйствами. Поэтому аквакультура в УЗВ может считаться наиболее экологическим методом



Иллюстрация 1.2 Фотография УЗВ под открытым небом.

преобразованными в УЗВ и использующими около 3 м³ свежей воды на килограмм произведенной рыбы. Традиционная проточная система для выращивания форели обычно использует около 30 м³ на килограмм.

производства рыбы на коммерчески жизнеспособном уровне.

Наиболее интересным, однако, является то, что ограниченное использование воды также дает большие преимущества с точки

зрения продукции рыбного хозяйства. Традиционное рыбоводство полностью зависит от внешних условий, таких как температура воды в реке, чистота воды, уровни кислорода, растения и листья, плывущие вниз по воде и забивающие решетки водозаборов, и т.д. В УЗВ эти внешние факторы исключаются либо полностью, либо частично,

кислорода или даже дневной свет, обеспечивает стабильные и оптимальные условия для рыб, что, в свою очередь, приводит к меньшему стрессу и лучшему росту. Результатом подобных стабильных условий становится постоянный и предсказуемый рост, позволяющий рыбоводу точно прогнозировать, когда рыба достигнет определенного



Иллюстрация 1.3 Некоторые параметры, влияющие на рост и здоровье рыб

в зависимости от степени рециркуляции и конструкции установки.

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

Контроль таких параметров, как температура воды, уровни

этапа развития или размера. Важнейшим преимуществом этого является возможность составления точного производственного плана и прогнозирования точного времени, когда рыба будет готова к реализации. Это оказывает благоприятное влияние на общее управление хозяйством и улучшает способность рыбоводов к конкурентоспособной реализации рыбы.

Использование рециркуляционных технологий в рыбоводстве имеет еще много других преимуществ, которые будут рассмотрены в последующих главах. Однако одним из важнейших из 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 использование лекарственных средств значительно снижено, что благотворно влияет как на производство, так и на окружающую среду.

Аквакультура – занятие не для всех. Она требует знаний, правильного использования ресурсов, 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 необходимы образование и практика. Настоящее руководство было написано с этой целью.

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 регулировку уровня pH, теплообмен, систему денитрификации и т.д., в зависимости от конкретных потребностей.

Рыбы на рыбном хозяйстве должны получать корм по несколько

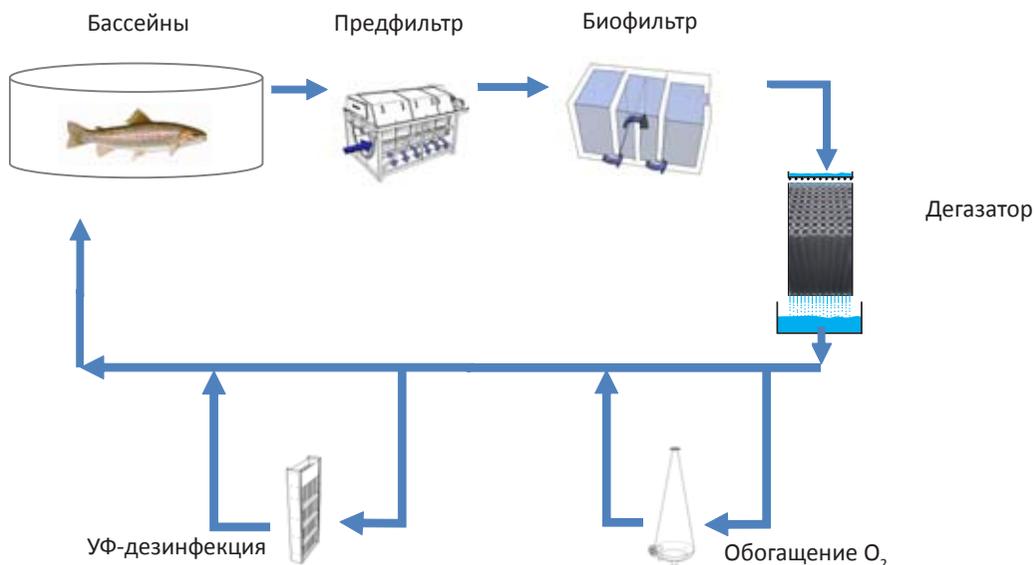


Иллюстрация 2.1 Изображение принципа УЗВ. Основная система очистки воды состоит из механической фильтрации, биологической очистки и аэрации/дегазации. В зависимости от потребностей можно также добавить другие установки, например, для обогащения кислородом или УФ-дезинфекции.

раз в день. Корм съедается и переваривается ими и используется в обмене веществ, обеспечивая энергию и питательные вещества для роста и других физиологических

значительно повышает вероятность заражения различными заболеваниями. Использование сухих кормов является безопасным, и их преимущество



Иллюстрация 2.2 Результатом потребления кормов и кислорода является рост рыб и выделение отходов.

процессов. Кислород (O_2) 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 (BV) и органическим веществом. Углекислый газ и аммиак выделяются в воду через жабры. Итак, рыбы потребляют кислород и корма, в результате чего вода в системе загрязняется экскрементами, углекислым газом и аммиаком.

В УЗВ рекомендуется использовать только сухие корма. Необходимо избегать применения сорной рыбы в любой форме, поскольку она сильно загрязняет систему и

также заключается в том, что их состав точно соответствует 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, производственные, для ремонтно-маточного стада и т.д.

В УЗВ 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

Размер рыб, граммы	Протеины	Жиры
3 mm	40 – 125	44 %
4.5 mm	100 – 500	43 %
6.5 mm	400 – 1200	42 %

Состав, %	3.0 mm	4.5 mm	6.5 mm
Рыбная мука	35	34	32
Рыбий жир	21	22	23
Кровяная мука	10	10	10
Горох	10	10	10
Соя	9	8	10
Пшеница	14	15	14
Витамины, минеральные вещества и т.д.	1	1	1

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

корма съедаются, что сводит количество несъеденного корма к минимуму. Кормовой коэффициент (КК), показывающий, сколько килограммов кормов Вы используете на каждый килограмм произведенной Вами 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.

Компоненты УЗВ

Рыбоводные бассейны

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

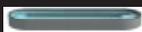
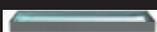
Свойства бассейна	Круглый бассейн	Овальный бассейн	Прямоугольный бассейн
			
Способность к самоочищению	5	4	3
Малое время пребывания твердых частиц	5	4	3
Контроль и регуляция кислорода	5	5	4
Использование пространства	2	4	5

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

иметь значительное влияние 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, больший 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, вследствие гидравлических закономерностей и гравитационных сил, время пребывания органических частиц является относительно коротким, порядка

нескольких минут, и зависит от размера бассейна. Весь водяной столб в бассейне вращается вокруг центра. Вертикальный водозабор с установкой для горизонтального регулирования является эффективным средством для контроля течения в подобных бассейнах.

В прямоугольном бассейне не могут быть созданы гравитационные силы для обеспечения течения, а гидравлика не имеет положительного эффекта на удаление частиц. С другой стороны, если рыбоводный бассейн эффективно зарыблен, способность бассейна данного типа к самоочищению зависит в большей мере от активности рыб, чем от конструкции бассейна. Во всех типах бассейнов уклон дна не влияет на способность к самоочищению, но при спуске бассейна он помогает полностью

спустить воду.

По сравнению с прямоугольными круглые бассейны занимают много места, что повышает стоимость строительства здания. Срезав углы квадратного бассейна мы получим восьмиугольную форму, лучше использующую пространство, чем круглые бассейны, но одновременно обеспечивающую те же положительные гидравлические эффекты. Важно отметить, что при постройке крупных бассейнов предпочтение всегда отдается круглой форме, поскольку она является наиболее прочной конструкцией, а также наиболее

дешевым способом сооружения емкостей для рыбы.

Тип бассейнов, занимающий промежуточное место между круглыми и прямоугольными, так называемый овальный бассейн, также 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

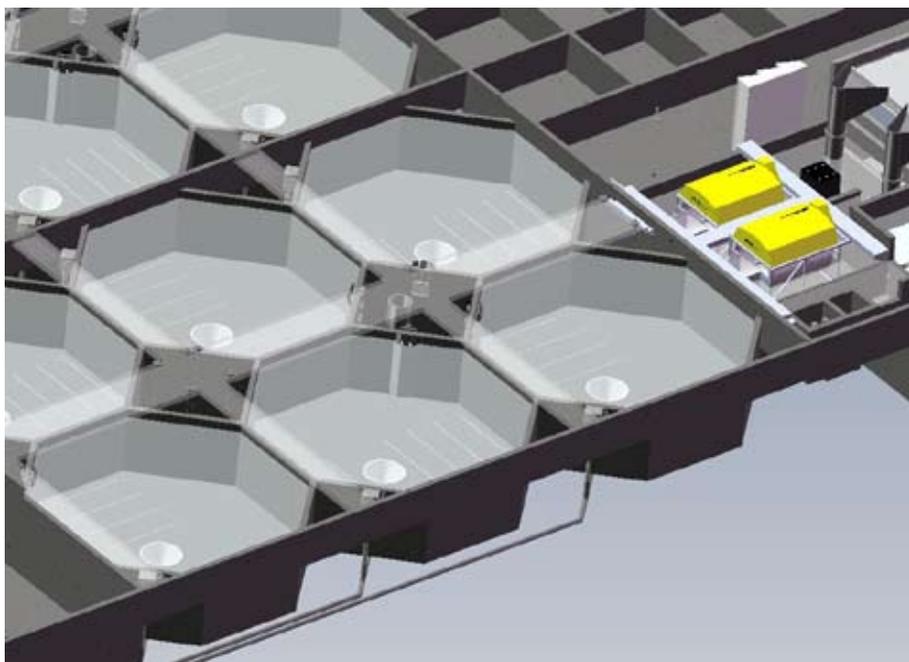


Иллюстрация 2.5 Пример восьми-угольной конструкции бассейнов УЗВ, экономящей место, но достигающей тех же положительных гидравлических эффектов, что и круглые бассейны (Источник: АКВА group).

управления.

Контроль и регуляция уровней 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 очень легко, в зависимости от ситуации, повысить или понизить уровень кислорода в бассейне, поскольку воздействия добавленного кислорода почти сразу будут зарегистрированы оксиметром в бассейне. С другой стороны, в прямоугольных бассейнах содержание кислорода всегда выше у водозабора и ниже у водостока, что обеспечивает различные условия, в зависимости от того, где плавают рыбы. Оксиметр

для измерения содержания кислорода в воде всегда должен размещаться в зоне с наиболее низким содержанием кислорода, которая в прямоугольных бассейнах находится вблизи водостока. Этот градиент кислорода вниз по течению затрудняет регуляцию 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.

Водостоки бассейнов должны быть сконструированы так, чтобы они обеспечивали оптимальное удаление частиц отходов, и

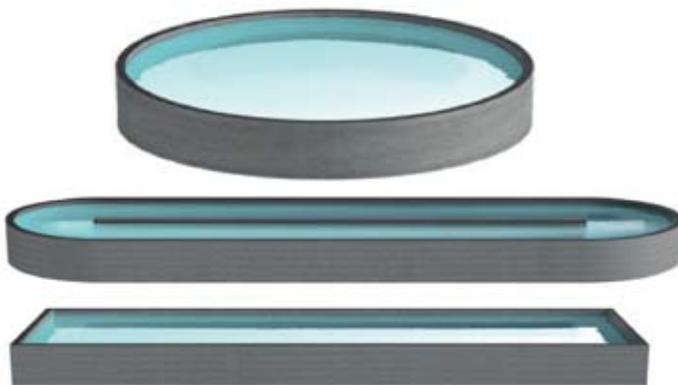


Иллюстрация 2.6 Круглый, овальный и прямоугольный типы бассейнов.

должны снабжаться решетками с подходящим размером отверстий. Удаление погибших рыб во время ежедневного обслуживания также должно быть простым.

Бассейны могут быть снабжены сигнализацией понижения уровня воды, оксиметрами для контроля уровня кислорода и сигнализацией его понижения, а также аварийной оксигенацией.

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. Барабанный фильтр, несомненно, является наиболее широко используемым типом микросит. 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.
3. Твердые частицы задерживаются на

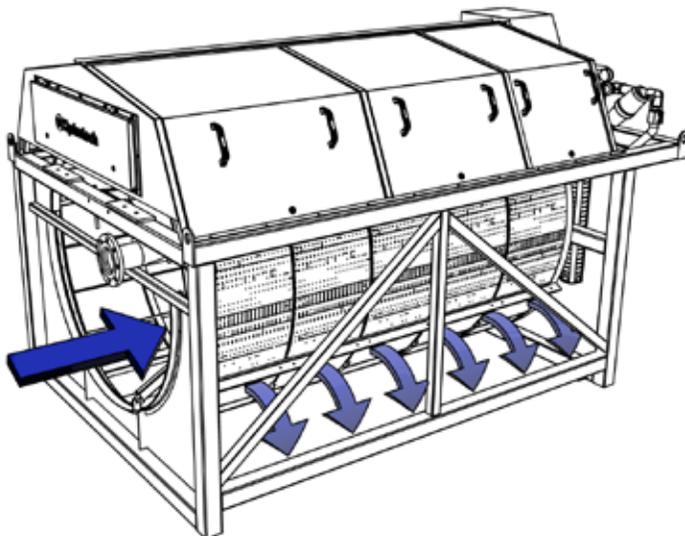


Иллюстрация 2.7 Барабанный фильтр (Источник: Hydrotech).

фильтровальных элементах и поднимаются к зоне обратной промывки вследствие вращения фильтра.

4. Вода распыляется из промывочных форсунок, расположенных 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 рыбного хозяйства для внешней очистки сточной воды (см. главу 6).

Фильтрация с использованием микросит имеет следующие преимущества:

- Снижение органической нагрузки биофильтра
- Повышение прозрачности воды вследствие удаления из нее органических частиц
- Улучшение условий нитрификации, поскольку биофильтр не забивается
- 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

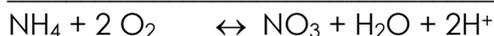
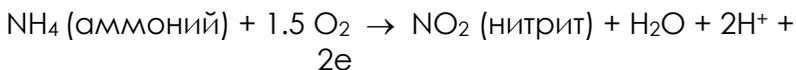
вещества, такие как фосфат или азот. Фосфат является инертным веществом без токсичных эффектов, но азот в форме свободного аммиака (NH_3) токсичен и должен быть преобразован в биофильтре в безвредный нитрат. Разложение органического вещества и аммиака является биологическим процессом, осуществляющимся бактериями в биофильтре. 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
- Уровня pH в системе

Для достижения приемлемой скорости нитрификации температура воды должна быть в пределах $10\text{--}35^\circ\text{C}$ (оптимально около 30°C), а уровень pH – между 7 и 8. Температура воды чаще всего зависит от выращиваемого вида и, соответственно, устанавливается не так, чтобы обеспечить наиболее оптимальную скорость нитрификации, а для обеспечения оптимальных уровней роста рыбы. Тем не менее, важно регулировать pH согласно эффективности биофильтра, поскольку малые уровни pH снижают эффективность биофильтрации. Таким образом, для достижения высокой скорости

Результат нитрификации:



бактериальной нитрификации, pH должен удерживаться выше 7. С другой стороны, более высокий pH приводит к постоянно растущему количеству свободного аммиака (NH_3), что увеличивает токсичный эффект. Итак, необходимо найти равновесие между этими двумя противоположными целями

регулирования pH. Рекомендуемая точка находится между pH 7,0 и pH 7,5.

Значение pH в водоочистной системе определяется следующими основными факторами:

- Углекислый газ (CO_2), произведённый рыбами и за счет биологической активности в биофилтре.
- Кислота, произведенная в ходе процесса нитрификации.

CO_2 удаляется с помощью аэрации воды, причем на данном этапе также происходит дегазация. Этот процесс может осуществляться различными способами, как 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 или другое основание.

Рыбы выделяют смесь аммиака

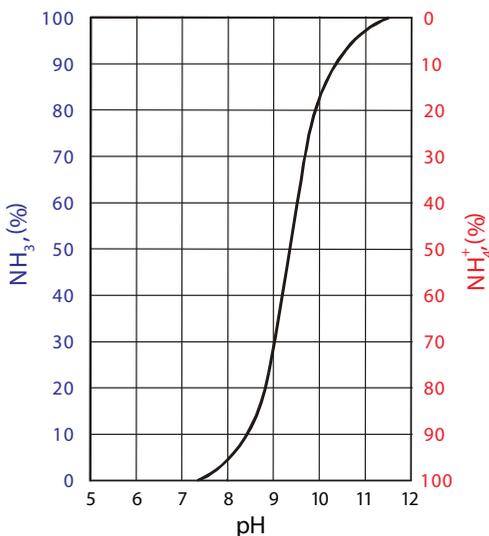


Иллюстрация 2.8: Равновесие между аммиаком (NH_3) и аммонием (NH_4^+) при температуре 20°C . При значениях pH ниже 7 токсичный аммиак отсутствует, но, по мере увеличения pH, его уровень быстро растет.

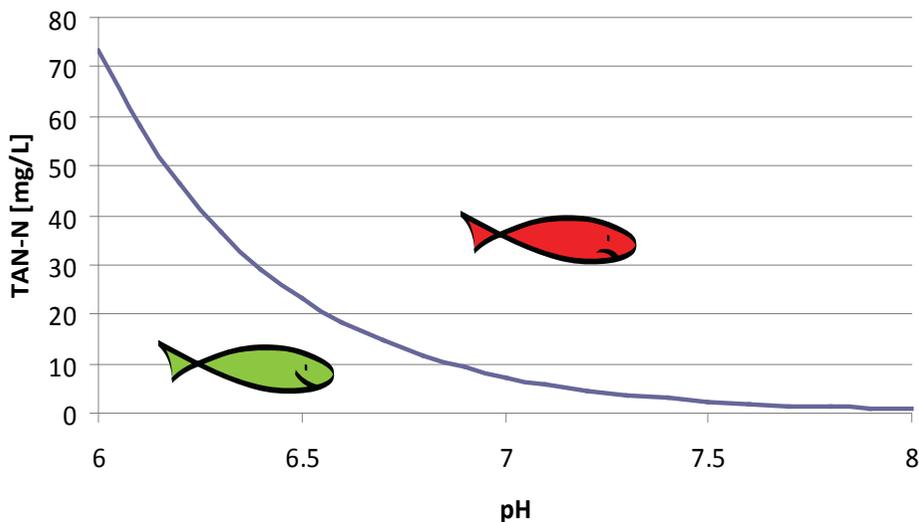


Иллюстрация 2.9 Соотношение между измеренным pH и количеством TAN, которое может быть разложено в биофилтре, исходя из концентрации токсичного аммиака 0,02 мг/л.

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, для большей эффективности работы биофилтра

рыбоводам рекомендуется достичь, как минимум, уровня pH = 7. Как видно по иллюстрации, в таком случае общая допустимая концентрация TAN значительно снижается.

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

поглощение нитрита блокируется. Нитрат является конечным продуктом процесса нитрификации и, хотя и считается безвредным, кажется, что его высокие уровни (выше чем 100 мг/л) отрицательно сказываются на росте и эффективности кормления. Если подпитка свежей водой в системе минимальна, нитрат накапливается и может достичь непозволительно высоких уровней. 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 в рециркуляции является экономия воды. В некоторых случаях экономия воды является важнейшей целью. В таких условиях концентрация нитрата может быть снижена путем денитрификации. В нормальных условиях потребление воды, превышающее 300 литров на килограмм использованного корма, является достаточным, чтобы разбавить нитрат. 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 без кислорода) процесс, восстанавливающий нитрат до атмосферного азота. По сути, этот процесс удаляет



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

азот из воды в атмосферу, тем самым снижая нагрузку азота на окружающую среду. Для процесса необходим источник органики (углерода), например, древесный спирт (метанол), который может быть добавлен 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 так, чтобы концентрация кислорода у водостока составляла около 1 мг/л. Если содержание кислорода полностью истощается, начинает производиться в больших количествах сероводород (H_2S), являющийся исключительно токсичным для рыб, а также дурно пахнущим (запах тухлых яиц). В итоге производятся большие объемы шлама, ввиду чего

необходима обратная промывка блока, которая производится, как правило, раз в неделю.

В биофильтрах обычно используется пластмассовый наполнитель с большой площадью поверхности на единицу объема биофильтра. Бактерии растут на наполнителе, образуя тонкую пленку и, таким образом, занимая очень большую площадь. В хорошо спроектированном биофилтре 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

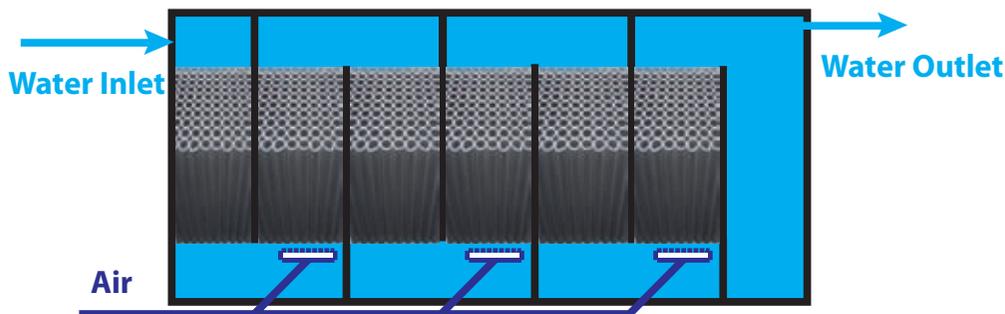
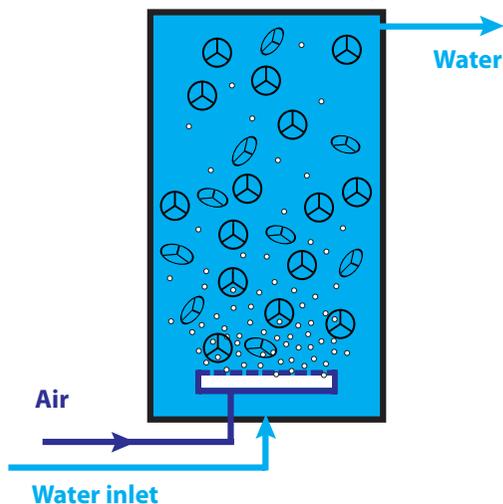


Иллюстрация 2.11 Биофильтры с плавающей и неподвижной загрузкой. (Air: Воздух; Water inlet: Водозабор; Water outlet: Водосток)

зависимости от нагрузки на фильтр. Сжатый воздух используется для создания в фильтре турбулентии, отрывающей органический материал от наполнителя. Во время промывки вода отключается от биофильтра. Грязная вода сливается из биофильтра и удаляется перед его повторным подключением 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. 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 объема биофильтра. Однако в скорости 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 пристают 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 турбулентия воды не позволяет частицам задерживаться на поверхности.

В любой системе могут использоваться обе системы фильтрации. Они также могут комбинироваться, используя плавающую загрузку для экономии места, а неподвижную – для использования эффекта задерживания частиц на поверхности. Существуют различные решения конечной конструкции систем биофильтрации, в зависимости от размера хозяйства, объектов рыбоводства, размера рыб и т.д.

Дегазация, аэрация и зачистка

Перед возвращением воды в рыбоводные бассейны необходимо удалить из нее скопившиеся газы. Этот процесс дегазации осуществляется либо путем аэрации воды, либо методом, который часто называют зачисткой. В воде в наибольшей концентрации содержится углекислый газ 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, особенно в системах с морской водой. Этот газ исключительно токсичен для рыб, даже в малых концентрациях, поэтому, если в системе производится сероводород, рыба гибнет.

Аэрация может осуществляться 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.



Иллюстрация 2.12 Система с аэрационным колодцем.

Однако, система с аэрационным колодцем менее эффективна в удалении газов, чем система с капельным фильтром. В системе с капельным фильтром



Иллюстрация 2.13 Фотография капельного фильтра, обернутого синей пластмассовой пленкой для избежания брызг на полу. Такой процесс аэрации/зачистки также называют процессом CO_2 -зачистки. Как правило, наполнитель в капельном фильтре обычно бывает того же самого типа, который используется в биофильтрах с неподвижным наполнителем – см. иллюстрацию 2.10.

газы зачищаются посредством физического контакта между водой и пластмассовым наполнителем, уложенным в колонну. Вода подается на верхнюю поверхность фильтра через распределитель с отверстиями и смывается через пластмассовый наполнитель, обеспечивая максимальную турбулентность и контакт – так называемый процесс зачистки. Капельный фильтр часто упоминается как «колонна для CO₂-зачистки».



Оксигенация

Процесс аэрации 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 этой воды повышает насыщенность приблизительно до 90%; в некоторых системах можно достичь 100%. Однако, 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

Waterflow ►

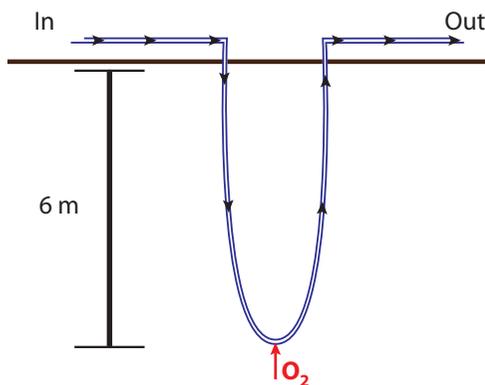


Иллюстрация 2.14: Кислородный конус и оксигенатор шахтного типа (Waterflow: Течение воды; In: Приток; Out: Отток; 6 м: 6 м).

часто подается в бассейны в форме жидкого кислорода, но также может производиться на хозяйстве с помощью генератора кислорода. Есть несколько методов получения перенасыщенной воды с содержанием кислорода,

превышающим 200-300 %. Обычно используются кислородные конусы или оксигенаторы шахтного типа. Принцип является одинаковым. Вода и чистый кислород смешиваются под давлением, которое обеспечивает переход кислорода в воду. В кислородном конусе давление обеспечивается насосом, обычно создающим в конусе давление около 1,4 бар. Подача воды в конус под напором потребляет много кислорода. В оксигенаторах шахтного типа напор достигается путем углубления в землю трубы в форме петли, например, на глубину 6 метров, и подачи кислорода в нижней точке этой петли. Давление вышерасположенного водяного столба, в данном случае, 0,6 бар, обеспечивает переход кислорода в воду. Преимуществом шахтных оксигенаторов являются низкие расходы на перекачивание воды, но их установка является сложной и более дорогостоящей.

Ультрафиолетовое излучение

УФ-дезинфекция основана на применении света с такой длиной волн, которая разрушает ДНК в биологических организмах. В аквакультуре она направлена против патогенных бактерий и одноклеточных организмов. Данный метод обработки используется в медицинских целях в течение десятилетий и не влияет на рыб, поскольку УФ-обработка воды происходит вне рыбоводной зоны. Важно понимать, что бактерии так быстро растут на органическом веществе, что контроль их численности в традиционных рыбных хозяйствах имеет ограниченные эффекты. Наилучший контроль достигается, когда эффективная механическая фильтрация комбинируется с тщательной биологической

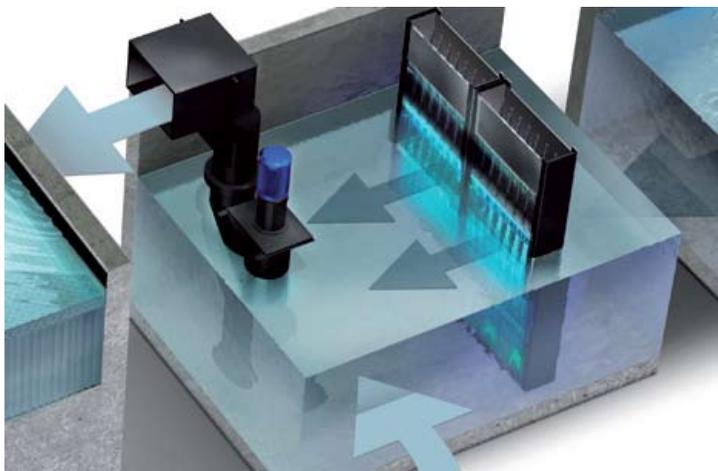


Иллюстрация 2.15 Система для УФ-обработки.
(Источник: AKVA group)

фильтрацией, эффективно удаляющей органику из отработанной воды и позволяющей УФ-излучению работать более эффективно.

«Доза УФ 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, которые нужно уничтожить, а также от мутности воды. Для контроля бактерий и вирусов вода должна быть обработана приблизительно $2\ 000\text{--}10\ 000\ \text{мкВт}\cdot\text{с}/\text{см}^2$, чтобы убить 90% организмов; для грибов потребуется $10\ 000\text{--}100\ 000$, а для микроскопических паразитов – $50\ 000\text{--}200\ 000\ \text{мкВт}\cdot\text{с}/\text{см}^2$.»

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

Озон

Сегодня озон (O_3) редко используется в самом рыбоводстве, поскольку эффекты передозировки могут нанести рыбам серьезный вред. В рыбных хозяйствах, расположенных внутри зданий, озон также может причинить вред людям, работающим в данной зоне, так как они могут вдыхать слишком много озона.



Иллюстрация 2.16 Насос-дозатор для регулирования pH путем добавления заранее заданных количеств NaOH. Для полной автоматизации регулирования уровня pH насос может быть подключен к датчику pH.

Тем не менее, обработка озоном является эффективным методом уничтожения нежелательных организмов, что достигается посредством интенсивного окисления органического вещества и биологических организмов. Обработке озоном может отдаваться предпочтение, когда необходимо дезинфицировать воду, поступающую в УЗВ. Однако во многих случаях УФ-обработка является хорошей и безопасной альтернативой.

Регуляция уровня pH

В процессе нитрификации в биофильтре образуется кислота, и значения pH понижаются. Для удержания pH 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 pH. Другой возможностью является система автоматической дозировки, регулируемая pH-метром с импульсом обратной связи к насосу-дозатору. В этой системе желательнее использовать гидроксид натрия (NaOH), поскольку он более прост в обращении, что облегчает эксплуатацию системы. Обращение с кислотами или основаниями требует осторожности от всех, поскольку они могут причинить тяжелые ожоги глаз и кожи. При обращении с химическими веществами необходимо принимать меры предосторожности и надевать очки и перчатки.

Теплообмен

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 методом ежедневной регуляции температуры. В крытой УЗВ, расположенной внутри теплоизолированного здания, в воде постепенно накапливается тепло, поскольку из метаболизма рыб и бактериальной активности в биофилтре освобождается энергия 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 легко может регулироваться путем изменения количества прохладной свежей воды, поступающей в систему.

В холодных климатических условиях зимой чаще всего бывает достаточным простое отопление с использованием масляного котла, соединенного с теплообменником для подогрева рециркулируемой воды. Потребление энергии для данного типа отопления, главным образом, зависит от количества используемой прохладной воды, поступающей в систему, и ее температуры, хотя здание также теряет некоторое количество тепла. В некоторых случаях также может быть установлен тепловой рекуператор, содержащий пластинчатый теплообменник из титана. Отработанная вода УЗВ, проходя через пластинчатый теплообменник, используется для нагревания (или охлаждения) поступающей в систему воды. Система регулируется посредством датчика температуры воды, соединенного с блоком контроля температуры, который управляет работой титанового пластинчатого теплообменника.

Насосы

Для циркуляции производственной воды используются различные типы насосов. Перекачивание воды требует электричества, и 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 приемок насоса. Насосы чаще всего размещаются перед системами биофильтрации и дегазации, так как процесс водоподготовки начинается здесь. 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 систем

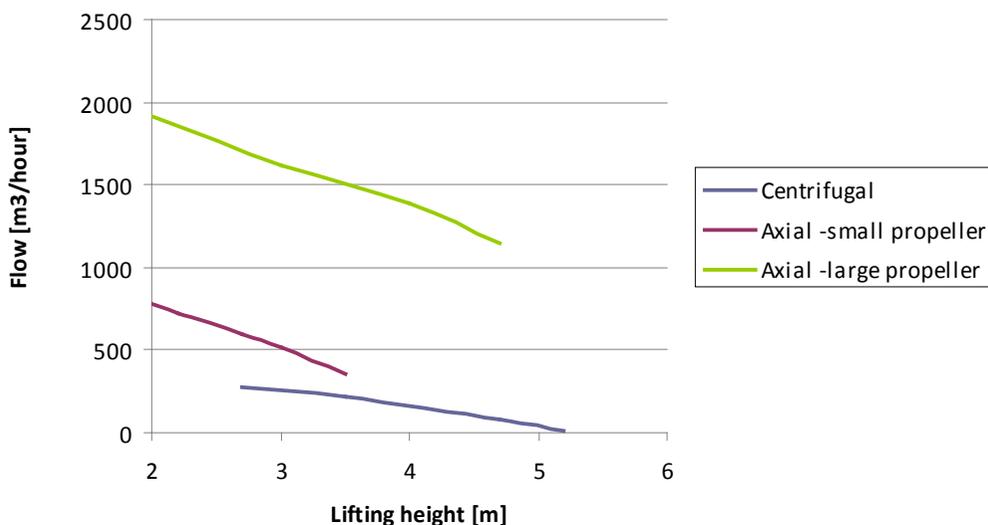


Иллюстрация 2.17 Пример, показывающий использование различных типов насосов. Насосы высокого давления (центробежные насосы) используются для подачи меньших объемов воды на большую высоту, а насосы низкого давления (осевые насосы) – для подачи больших объемов воды на меньшую высоту. (Flow [m³/hour]: Расход [м³/час]; Lifting height [m]: Высота подачи [м]; Centrifugal: Центробежный; Axial – small propeller: Осевой с малым пропеллером; Axial – large propeller: Осевой с большим пропеллером)

общая высота подачи воды составляет менее 2 метров, из-за чего наиболее эффективным является использование насосов низкого давления. Однако для процесса растворения чистого кислорода в производственной воде требуются центробежные насосы, поскольку они способны создать необходимое высокое давление в конусах.

Внекоторых системах вода движется за счет нагнетания воздуха в аэрационные колодцы. В этих системах дегазация и перемещение воды осуществляются в одном процессе, за счет чего становится возможной малая высота подачи. Однако эффективность дегазации и перемещения воды не обязательно выше, чем эффективность подачи воды насосом на

дегазатор, поскольку, с точки зрения использования энергии и эффективности дегазации, КПД аэрационных колодцев меньше, чем при использовании всасывающих насосов для зачистки воды в капельном фильтре.

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



Иллюстрация 2.18 Датчик кислорода калибруется на воздухе, прежде чем он будет опущен в воду для измерения содержания кислорода в воде в режиме онлайн. Надзор может быть компьютеризирован, с большим количеством точек измерения и аварийной сигнализацией.

функционирования.

На многих современных хозяйствах существует центральная система контроля, способная обеспечить мониторинг и контроль уровней кислорода, температуры, pH, уровня воды и функционирования моторов. 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 позволяет 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 работает без надзора людей, работающих на хозяйстве. Поэтому система контроля должна быть снабжена системой сигнализации, вызывающей персонал, если должны произойти серьезные неполадки. Рекомендуется соблюдать время реагирования менее 20 минут, даже в ситуациях, когда имеются автоматически включающиеся резервные системы.

Аварийные системы

Использование

чистого



Иллюстрация 2.19 Кислородная ёмкость и аварийный генератор.

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 кислород поступает во все бассейны, сохраняя жизнь рыбам.

В качестве резерва электроснабжения требуется генератор. Во многих случаях, если вода не циркулирует, в системе накапливается токсичный

аммиак. Эта проблема является второй по важности, которую следует решить после решения проблемы кислородного снабжения с помощью резервной системы снабжения кислородом. Поэтому важно восстановить течение воды приблизительно в течение часа.

Поступающая вода

Вода, используемая для рециркуляции, должна, по мере возможности, происходить из источника, свободного от

болезнетворных агентов, либо должна стерилизоваться перед поступлением в систему. В большинстве случаев лучше использовать воду из скважины, колодца или другого похожего источника вместо воды, поступающей непосредственно из реки, озера или моря. Если необходимо установить систему очистки поступающей воды, она обычно состоит из песочного фильтра для микрофльтрации и УФ- или озоновой системы дезинфекции.

3. Объекты рыбоводства в УЗВ

Строительство и эксплуатация УЗВ стоят дорого, поэтому, для того чтобы быть доходным, производство должно быть эффективным. Соответственно, очень важно выбрать подходящие виды для производства и построить хорошо функционирующую систему. По сути, цель производства продать рыбу по высокой цене и одновременно удержать себестоимость производства на максимально низком уровне.

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

– холоднокровные животные. Это означает, что температура тела рыб не отличается от температуры окружающей воды. Рыбы не способны регулировать температуру своего тела, как это делают свиньи, коровы и другие сельскохозяйственные животные. Поэтому температура воды имеет очень большое значение в рыбоводстве. Рыба просто не растет хорошо, когда вода холодная; 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.

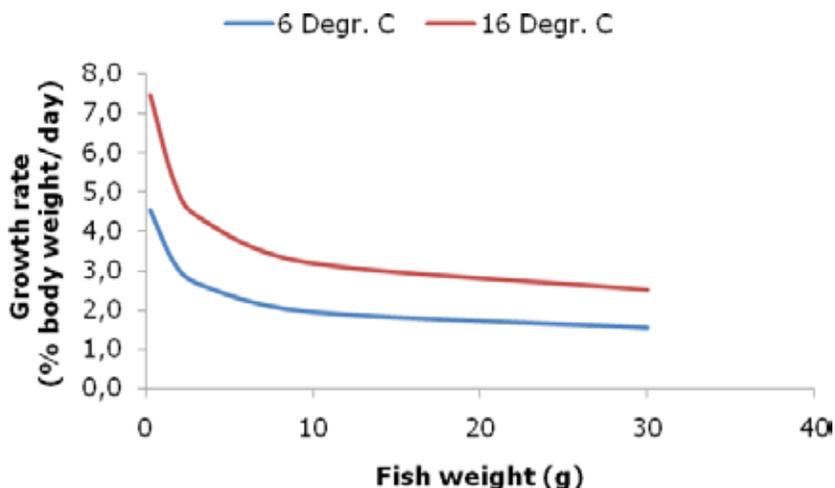


Иллюстрация 3.1 Скорость роста радужной форели при 6 и 16 оС, в зависимости от размера рыбы (6 Degr. C: 6оС; 16 Degr. C: 16оС; Growth rate (% body weight/day): Скорость роста (% от массы тела/сутки); Fish weight (g): Масса тела рыб (г))

Рыбоводы должны следить, чтобы рыба содержалась в этих пределах, иначе она погибнет.

Другим вопросом, влияющим на возможность 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, несомненно, положительно влияют на себестоимость, понижая ее в пересчете на килограмм произведенной рыбы. Однако производство мелких рыб является лишь одним этапом в процессе производства рыбы рыночных размеров. Понятно, что не вся рыба, производимая на рыбном хозяйстве, может состоять из мелких рыб, поэтому потенциал выращивания мелких рыб ограничен. Тем не менее, когда обсуждается, какую рыбу следует производить в УЗВ, ответом, в первую очередь, будет «мелкую». Имеет смысл вкладывать деньги в производство мальков, потому что при выращивании мелкой рыбы вложение денег будет более прибыльным.

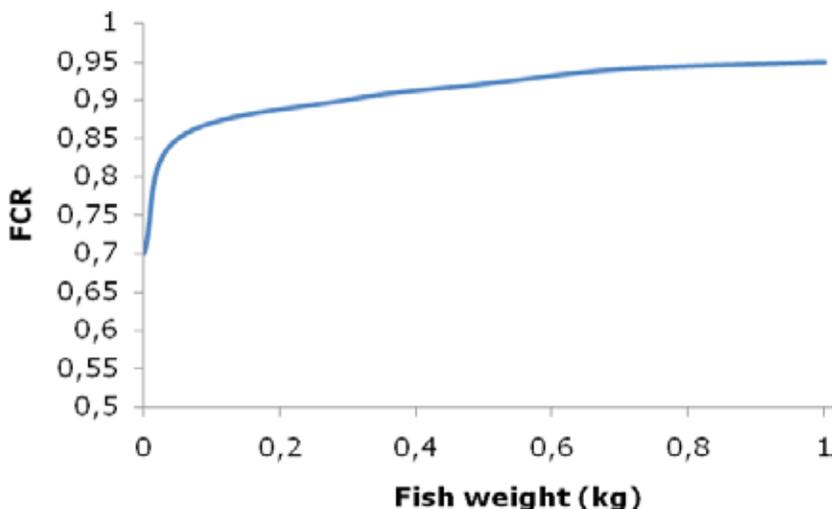


Иллюстрация 3.2 Кормовой коэффициент (КК) радужной форели в УЗВ, в зависимости от массы тела рыб при 15–18°C (FCR: КК; Fish weight (g): Масса тела рыб (г))

Расходы на достижение и поддержание оптимальной температуры воды в УЗВ в течение всего года являются разумной тратой денег. При содержании рыб в оптимальных условиях выращивания скорость роста значительно больше, чем в 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.

По сравнению с другими сельскохозяйственными животными, рыбы отличаются большим разнообразием и многие их виды являются объектами рыбоводства. Если сопоставить

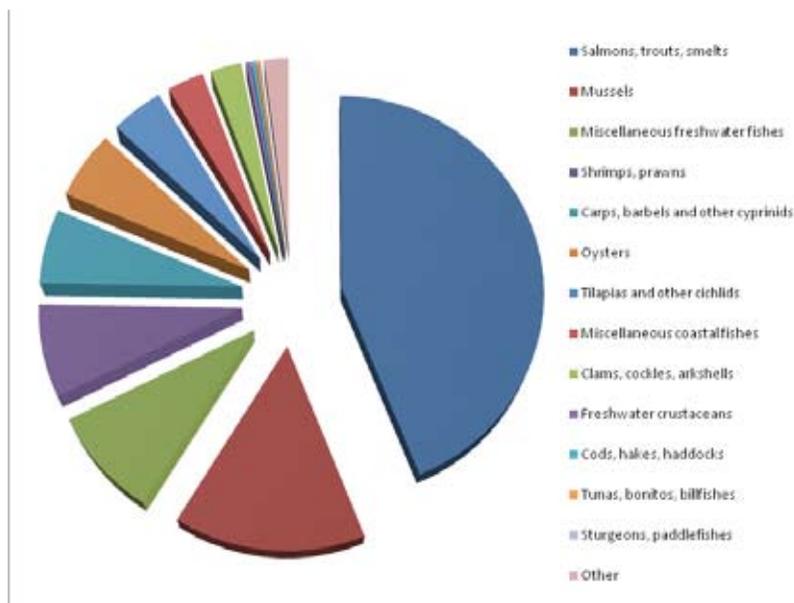


Иллюстрация 3.3 Мировая продукция рыбоводства. Источник: ФАО (Salmons, trouts, smelts: Лососи, форели, корюшки; Mussels: Мидии; Miscellaneous freshwater fishes: Другие пресноводные рыбы; Shrimps, prawns: Креветки; Carps, barbels and other cyprinids: Карп, усачи и другие карповые; Oysters: Устрицы; Tilapias and other cichlids: Тиляпии и другие цихлиды; Miscellaneous coastal fishes: Другие прибрежные рыбы; Clams, cockles, arkshells: Двустворчатые моллюски; Freshwater crustaceans: Пресноводные ракообразные; Cods, hakes, haddock: Тресковые, мерлузы, пикши; Tunas, bonitos, billfishes: Тунцы, пелакиды, мечерылые; Sturgeons, paddlefishes: Осетровые и веслоносы; Other: Другие виды)

рынок свиней, крупного рогатого скота или кур с рынком рыб, первые являются менее разнообразными. Потребители не ищут различные виды свиней, крупного рогатого скота или цыплят, они только просят куски из различных частей тела или различного размера. Но если речь идёт о рыбе, разновидностей очень много и потребители привыкли иметь широкий выбор, вследствие чего многие виды представляют интерес для рыбоводов. За последнее десятилетие в аквакультуру было внедрено несколько сотен видов и скорость их одомашнивания в сто раз выше, чем скорость одомашнивания растений или животных на суше.

Если посмотреть на объёмы мирового производства искусственно выращиваемой рыбы, картина не способствует многовидовому производству. На иллюстрации мы видим, что карповые (речь идёт примерно о 5 видах) являются одной из преобладающих групп. Далее следуют лосось и форель - это только два вида. Всё остальное производство - примерно десять видов. Поэтому нужно понимать, что, хотя существует значительное количество пригодных для выращивания видов, только небольшая их часть достигает настоящего успеха на мировом уровне. Однако это не означает, что внедрение в аквакультуру всех новых видов является неудачным. Просто надо понимать, что объёмы мирового производства новых видов ограничены и что успехи или неудачи в выращивании

данных видов в значительной мере зависят от рыночных условий. Производство небольших объёмов престижных видов рыб может быть вполне доходным, поскольку они продаются по высокой цене. Однако, так как рынок ценных видов ограничен, цены могут быстро упасть, если производство и, как следствие, доступность данного продукта увеличиваются. Быть первым и единственным производителем нового объекта аквакультуры на рынке может быть очень прибыльным. С другой стороны, это также является рискованным делом, с высокой долей неопределённости, как в производстве, так и в развитии рынка.

Нелегко дать общие рекомендации о том, какие виды следует выращивать в УЗВ. На успех рыбоводного предприятия оказывают влияние многие факторы. 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: может ли рассматриваемый вид успешно выращиваться в УЗВ и существует ли для данного вида 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 любого внедряемого вида. УЗВ не является препятствием для выращивания новых видов. 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 общей 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.

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

Датская концепция образцовых хозяйств является хорошим примером проникновения УЗВ в относительно низкий ценовой сегмент, такой как производство порционной форели. Однако для того, чтобы быть конкурентоспособными, подобные производственные системы должны быть очень большими, с объемами производства 1000 тонн и более. Возможно, в будущем выращивание крупного лосося по экологическим причинам сместится от морского садкового рыбоводства к наземным УЗВ. Вероятно также, что, по мере усиления конкуренции за воду и пространство, выращивание даже самой дешевой рыбной продукции, например, тилапии, в каком-либо типе УЗВ станет рентабельным.

Пригодность того или иного вида рыб к выращиванию в УЗВ зависит от многих различных факторов, таких как рентабельность, экологические вопросы, биологическая пригодность и т.д., см. иллюстрацию 3.4.

УЗВ всегда рекомендуется к

Вид	Фактическое состояние	Рынок
Атлантический лосось 	Легко выращивается. Успешное выращивание молодого лосося в УЗВ. Выращивание крупного лосося в УЗВ может стать успешным в будущем.	На мировом рынке преобладают норвежские производители.
Радужная форель 	Легко выращивается. Широко используются УЗВ, от подращивания мальков до выращивания порционной рыбы.	Жесткая конкуренция, часто основанная на местных рыночных условиях.
Судак 	Трудно выращивается. Проблемный личиночный этап, относительно простой нагул.	Неплохие цены. По мере снижения природных запасов ожидается увеличение спроса.
Осетровые 	Легко выращиваются. Требуют опыта в области подращивания личинок и получения пищевой икры.	Хорошие рыночные условия для мяса и икры.
Угорь 	Успешный объект рыбоводства в УЗВ. Воспроизводство невозможно. Необходимо ловить молодь в природе.	Ограниченный рынок с непостоянным уровнем цен.
Баррамунди 	Требует знаний в области подращивания личинок. Нагул относительно простой.	Реализуется, главным образом, на местных рынках по неплохой цене.
Групперы 	Требуют знаний в области подращивания личинок. Нагул относительно простой.	Реализуется, главным образом, на местных рынках по хорошей цене.
Сибас и дорада 	Требуют опыта на личиночных стадиях. Хорошо растут в УЗВ.	Сложные рыночные условия.
Тюрбо 	Требует опыта в области подращивания личинок. Очень хорошо растет в УЗВ	Неплохие рыночные цены, зависящие от местных рыночных условий.
Морской язык 	Новый объект аквакультуры с еще не полностью разработанной технологией. Различные препятствия.	Высокие цены.
Треска 	Успешное подращивание мальков в УЗВ. Нагул крупной трески требует дальнейших разработок.	Цены колеблются и все еще зависят от природных уловов.

Иллюстрация 3.4 Различные виды, выращиваемые в УЗВ, с замечаниями об их актуальном статусе.

4. Планирование и осуществление проектов

Идея постройки УЗВ часто основывается на весьма различающихся взглядах на то, что является важным 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 четыре важных вопроса:

- Цену данного вида рыб и ее рынок
- Выбор места и технологию производства
- Рабочую силу, включая преданного делу руководителя
- Финансирование проекта на всем его протяжении, вплоть до функционирующего предприятия

Как уже обсуждалось, первым делом необходимо определить, может ли данный вид быть реализован по приемлемой цене и в достаточных

объемах. Поэтому важно провести подходящий анализ состояния рынка, прежде чем предпринимать любые дальнейшие шаги.

Также важно определить, какая производственная система понадобится для производства данного продукта и где ее можно построить. Чаще всего полезно разработать предпроектное предложение, чтобы можно было обращаться в компетентные органы за разрешениями на строительство, водопользование, сброс сточных вод и т.д.

Чтобы управление хозяйством осуществлялось хорошо, вопросом первостепенной важности является набор квалифицированной рабочей силы. Крайне важно найти преданного делу и желающего добиться успеха не менее чем сами акционеры.

Потребность в финансировании слишком часто недооценивается. При создании нового хозяйства с нуля капитальные затраты



Иллюстрация 4.1 Схема процесса от идеи проекта до конечного продукта (Project idea: Идея проекта; Market survey: Анализ рынка; Business plan: Бизнес-план; Pre project/Design: Предпроектная документация/Проектирование; Construction: Строительство; Production: Производство; Sales: Реализация)

очень высоки и инвесторы, по всей видимости, забывают о том, что производство рыбы является долгосрочным занятием. От начала

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 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 баланс

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

строительства до получения первых доходов от реализованной рыбы обычно проходит один-два года. Поэтому тщательная подготовка бюджета имеет первостепенное значение.

Чтобы получить систематический обзор всего проекта, необходимо разработать бизнес-план. Детальное обсуждение написания бизнес-плана или проведения анализа рынка выходит за пределы настоящего руководства. Подробную информацию по данным темам ищите в других источниках. Однако в дальнейшем мы приведем схему бизнес-плана и примеры бюджета и финансовых расчетов в качестве руководства для читателей, а также, чтобы помочь им понять, с какими трудностями они могут столкнуться при запуске рыбоводного проекта.

Вы найдете хорошее введение в процесс создания предприятия на сайте:

www.businesslink.gov.uk/bdotg/action

Примеры бизнес-планов доступны по следующему адресу:

www.bplans.co.uk/sample_business_plans.cfm (Palo Alto Software Ltd).

Также важно детально спланировать производство рыбы и включить этот план в бюджет. Производственный план является важнейшим рабочим документом, когда речь идет об успехе или провале выпуска

Fish size г	Pellet size mm	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 - 1500	4,5	0,35	0,55	0,65	0,75	0,85	0,85	0,75	0,60	0,40
1500 - 3000	6,5	0,20	0,35	0,45	0,55	0,65	0,65	0,55	0,45	0,30
3000 - 5000	9,0	0,15	0,25	0,34	0,39	0,44	0,49	0,44	0,34	0,20
5000 - 10000	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). (Fish size, g: Размер рыб, г; Pellet size, mm: Размер гранул, мм)

продукции. Он должен регулярно пересматриваться, поскольку выращивание рыб на практике чаще всего дает либо лучшие, либо худшие результаты, чем планировалось в теории. Имеется ряд компьютерных программ для расчета и планирования продукции. Однако они все основаны на расчете прироста с использованием темпа роста данных рыб, выраженного в процентах 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 его 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, Вы получите скорость роста рыб. В дальнейшем Вы можете рассчитывать суточный прирост веса, используя метод расчета процентного роста, выраженного следующей формулой:

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

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

$$K_{28 \text{ дней}} = K_{100 \text{ грамм}} (1+0.012)^{28 \text{ дней}} \\ = 100(1.012)^{28} = 139.7 \text{ грамм}$$

Каким бы ни были размер или количество рыб, эта формула может использоваться для расчета

роста рыбного стада, составления точного производственного плана и определения времени сортировки и распределения рыб в другие бассейны. Вы также не должны забыть вычесть потери популяции при составлении производственного плана. Рекомендуется проводить

Инвестиционный бюджет (капитальные расходы) 100%

Строительство	36%
Оборудование	26%
Бетон для водоочистных сооружений	12%
Рыбоводные бассейны	12%
Трубы	3%
Установка	2%
Транспортировка	2%
Отопление и охлаждение	2%
Системы кормления и освещения	2%
Электротехнические работы	1%
Сортировочное оборудование	1%
Проходы	1%

Иллюстрация 4.4 Пример инвестиционного бюджета полностью рециркулированной крытой системы с оценочными значениями в процентах

расчеты на ежемесячной основе и использовать коэффициент

смертности около 1% в месяц, корректируемый, однако, согласно опыту. Месяц не должен считаться равным 30 суткам, так как в течение месяца обычно есть дни, когда, вследствие управленческих процедур, рыбы не получают корма. Поэтому в вышеприведенном примере указаны 28 дней.

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

- Инвестиционный бюджет (суммарные капитальные расходы)
- Бюджет эксплуатационных расходов (запуск предприятия)
- Бюджет денежных средств (работающее предприятие)

Чтобы составить детальные бюджеты, учитывающие все расходы, всегда рекомендуется консультироваться с профессиональным бухгалтером. Хорошо задокументированный бюджет также необходим, чтобы убедить инвесторов, получить банковский кредит или вести переговоры с финансирующими организациями. В новых государствах-членах ЕС существуют программы поддержки, которые, в некоторых случаях, могут оплатить до 70% требуемой инвестиции.

Инвестиционный бюджет в значительной степени зависит от конструкции УЗВ, которая, в свою очередь, зависит от страны и местных условий в месте строительства. В таблице показан

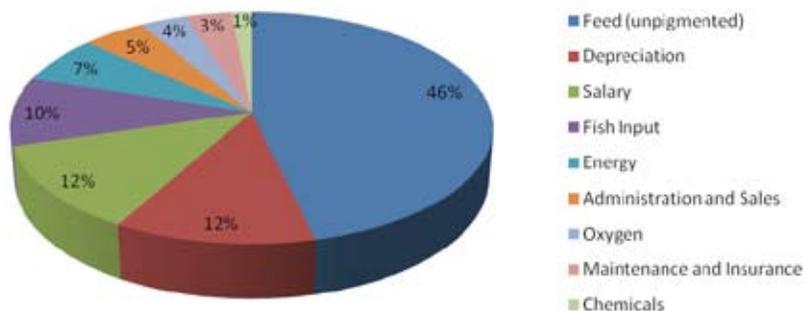


Иллюстрация 4.5 Пример распределения расходов на крупном хозяйстве для производства порционной форели (2000 тонн/год), приобретающем сеголеток и подращивающем их до 300-500 грамм. Общая себестоимость на килограмм произведенной живой рыбы не достигает 2 евро/кг. Общие инвестиционные расходы для подобной полностью рециркулированной крытой системы составляют около 4 евро на килограмм продукции (всего 8 млн евро) (Feed (unpigmented): Корм (непигментированный); Depreciation: Амортизация; Salary: Зарботные платы; Fish Input: Приобретение рыб; Energy : Энергия; Administration and Sales: Администрирование и реализация; Oxygen: Кислород; Maintenance and Insurance: Текущий ремонт и страховка; Chemicals: Химикаты)

пример инвестиционного бюджета, с оценочными значениями в процентах. Стоимость приобретения земли не включена в расчеты.

Расходы на строительство зависят не только от местной стоимости строительства, но также от видов рыб и размера хозяйства. В случае систем с годовой продукцией 100 тонн, имеющих полносистемное оборудование, от содержания ремонтно-маточного стада через перевод мальков на активное питание и их подращивание до конечного нагула товарной рыбы,

общая стоимость инвестиции, включая все, обычно доходит до 10 евро на килограмм продукции. Менее дорогостоящие нагульные системы мощностью 1000 тонн, предназначенные только для нагула и не имеющие крыши, могут стоить только 2,5 евро на килограмм продукции. Примеры из стран Западной Европы показывают, что стоимость создания полносистемной УЗВ мощностью 1000 тонн для производства форели под открытым небом находится в районе 3 миллионов евро (в 2009 г.). Общая стоимость в значительной мере

зависит от того, должна ли данная система заниматься выращиванием всех жизненных стадий или только этапом нагула, а также от того, устанавливается ли данная система внутри здания или вне его. Подобные решения зависят, среди прочего, от климата, вида рыб и биологических стадий развития. Существует ясная тенденция, показывающая, что чем выше степень рециркуляции воды, тем больше вероятность выбора установки, расположенной внутри здания.

Что касается покупки земли, площадь УЗВ также зависит от вида рыб и интенсивности производства. Как правило, площадь УЗВ составляет около 1 000 м² на 100 тонн рыбы (пелагической). Чем больше общий объем продукции, тем меньшая площадь требуется для производства 100 тонн.

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 потребления многих традиционных хозяйств, где использование лопастных аэраторов, возвратных насосов, кислородных конусов и другого оборудования потребляет весьма значительное количество энергии.

Стоимость кормов, бесспорно, представляет собой наиболее

преобладающую статью расходов, что также означает, что хорошее управление является важнейшим фактором. Улучшение КК имеет значительное влияние на эффективность производства.

Как и в других секторах, производящих продовольственные продукты, чем больше производственная установка, тем меньше удельная себестоимость на единицу произведенной продукции. Это верно и для рыбоводства. Однако кажется, что увеличение производственных систем до намного более чем 2 000 тонн в год не дает значительного уменьшения прямых затрат. С другой стороны, расширение с нескольких сот тонн приблизительно до тысячи значительно снижает расходы. Выгоды от увеличения размера хозяйства в значительной мере зависят от выращиваемого объекта, и Вы должны тщательно взвесить способы расширения производства. Разумное планирование может сэкономить много работы и денег.

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

5. Эксплуатация УЗВ

Переход от традиционного рыбоводства к УЗВ значительно меняет распорядок дня и навыки, необходимые для управления хозяйством. После такого перехода рыбовод должен осуществлять управление как рыбой, так и водой, а задача управления водой и поддержания ее качества становится такой же важной, как уход за рыбой, если не важнее. Традиционный распорядок дня, при котором, хорошо поработав на хозяйстве, рыбовод уходил домой, заменен налаживанием механизма, работающего непрерывно, в течение 24 часов в сутки. Надзор за всей системой позволяет рыбоводу в любое время иметь доступ к информации о состоянии

системы, а в случае чрезвычайных ситуаций он будет вызван системой аварийной сигнализации.

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

Ежедневно или еженедельно:

- Визуальный контроль поведения рыб
- Визуальный контроль качества воды (прозрачности/мутности)
- Проверка гидродинамики (течения) в бассейнах
- Проверка выдачи кормов кормушками
- Удаление и регистрация мертвых рыб
- Промывка водосбросов бассейнов, если они снабжены вертикальными трубами
- Очистка мембраны датчиков кислорода
- Регистрация актуальной концентрации кислорода в бассейнах



Иллюстрация 5.1 Качество и течение воды в фильтрах и рыбоводных бассейнах должны часто контролироваться визуальным способом. На фотографии изображена верхняя поверхность традиционного капельного фильтра, откуда вода стекает вниз по заполнителю фильтра.

- Проверка уровней воды в прямках насосов
- Проверка форсунок, подающих воду на механические фильтры
- Регистрация температуры
- Проведение анализов на аммиак, нитрит, нитрат, pH
- Регистрация объемов используемой подпиточной воды
- Проверка давления в кислородных конусах
- Проверка NaOH или извести, предназначенных для регулирования pH
- 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 конденсатора
- Проверка уровня воды в промежуточном баке
- Проверка уровня оставшегося в кислородном баллоне O₂
- Калибровка pH-метра
- Калибровка кормушек
- Калибровка датчиков кислорода в рыбоводных бассейнах и в системе



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

- Проверка сигнализации – проведение сигнализационных тестов
- Проверка работоспособности аварийной подачи кислорода во всех бассейнах
- Проверка всех насосов и моторов на предмет сбоев и шумов
- Проверка генераторов и их контрольный запуск
- Проверка работы вентиляторов капельных фильтров
- Смазывание элементов и подшипников механических фильтров
- Поиск застойных зон в системе и принятие мер предосторожности
- Проверка прямков фильтров – в них не должно наблюдаться шлама

Раз в 6–12 месяцев:

- Чистка УФ-стерилизатора (см. инструкцию), смена ламп раз в год
- Замена масла и масляных фильтров в компрессоре
- Проверка чистоты внутренней части (приямка) охладительных башен
- В случае необходимости, тщательная чистка биофильтра
- Замена электролита, цинка и мембраны в датчиках кислорода
- Промывка форсунок фильтров «Hydrotech»

Управление УЗВ требует постоянной регистрации и регулирования параметров для достижения

идеальной среды для объектов выращивания. Для каждого рассматриваемого параметра существуют определенные, биологически приемлемые пределы. На протяжении цикла производства каждое отделение хозяйства отключается и запускается снова с новой партией рыб. Эти изменения влияют на всю систему, но наиболее чувствительным к ним является биофильтр. На иллюстрации 5.3 можно наблюдать изменения концентрации соединений азота в воде, вытекающей из биофильтра после его запуска. Колебания наблюдаются также во многих других параметрах, важнейшие из которых показаны на иллюстрации 5.4. В некоторых ситуациях параметры могут достичь неблагоприятных или даже токсичных для рыб уровней. Однако невозможно

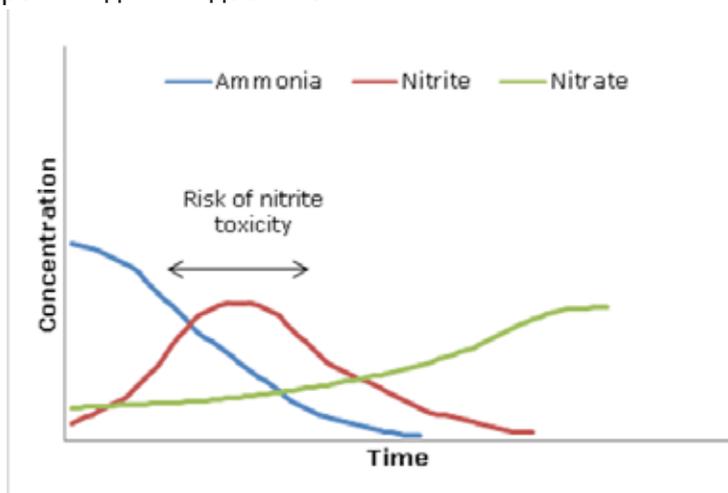


Иллюстрация 5.3 Колебания концентраций различных соединений азота после запуска биофильтра. (Concentration: Концентрация; Time: Время; Risk of nitrite toxicity: Риск токсичности нитрита; Ammonia: Аммиак; Nitrite: Нитрит; Nitrate: Нитрат)

Параметр	Формула	Единица измерения	Норма	Неблагоприятный уровень
Температура		°С	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 (зависимость от pH)	> 2.5
Аммиак	NH ₃	мг/л	< 0,01 (зависимость 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	БПК	мг/л	5-20	> 20
Гумус			98-100	
Кальций	Ca ⁺⁺	мг/л	5-50	

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

привести точные значения данных уровней, поскольку токсичность зависит от многих факторов, в том числе, от вида рыб, температуры и pH. Адаптация рыб к экологическим условиям системы также влияет на токсичность.

Токсичность пика нитрита может быть нейтрализована добавлением соли в систему (см. также Главу 2). Желательные ориентировочные уровни различных физических и химических параметров качества воды в УЗВ указаны на иллюстрации 5.4.

6. Очистка сточных вод

Отходы рыбоводства не исчезают даже при выращивании рыбы в УЗВ с постоянным повторным использованием воды. Загрязнения и экскременты рыб должны попасть куда-либо даже в этом случае. Биологические процессы в системе в некоторой мере уменьшают количество органических соединений благодаря простому биологическому разложению или минерализации внутри системы. Тем не менее, значительное количество органического шлама по-прежнему требует обработки.

Отходы, покидающие процесс рециркуляции, обычно происходят из механического фильтра, где экскременты и другие органические вещества отделяются и поступают в шламодыпускной патрубков фильтра. Чистка и промывка биофильтров также увеличивают общий объем воды, покидающей рециркуляционный цикл.

Отходы, покидающие УЗВ, могут очищаться различными способами. Довольно часто устанавливается вторичная механическая очистка воды, предназначенная для концентрации шлама, находящегося в сбросной воде. Отсюда фракция шлама попадает в шламонакопитель для седиментации или дальнейшего механического обезвоживания, после чего она сбрасывается на рельеф, обычно как удобрение для сельскохозяйственных ферм. Механическое обезвоживание

также облегчает обращение со шламом и уменьшает его объем, благодаря чему стоимость удаления или возможных сборов уменьшаются. Недостатками механического обезвоживания являются более высокие инвестиционные и эксплуатационные расходы.

Очищенная сточная вода, покидающая вторичную очистку, как правило, имеет высокие концентрации азота и фосфора. Этот так называемый «осветленный сток» может быть выпущен в окружающую среду, в реку и т.д., либо возвращен в УЗВ. Питательные вещества, содержащиеся в осветленном стоке, могут быть удалены, если направить воду в водоочистные пруды с растениями, корневую зону или земляной фильтр, где соединения фосфора и азота удаляются. Азот, содержащийся в осветленном стоке, также может быть удален способом денитрификации. Как описано в Главе 2, в этом анаэробном процессе в качестве источника углерода обычно используется метанол. Внутри УЗВ денитрификация обычно используется для снижения уровня нитрата в производственной воде, чтобы свести к минимуму потребность системы в подпиточной воде. Вне УЗВ денитрификация, как правило, используется для снижения выпуска азота в окружающую среду. В качестве альтернативы метанолу, как источнику углерода,

УЗВ

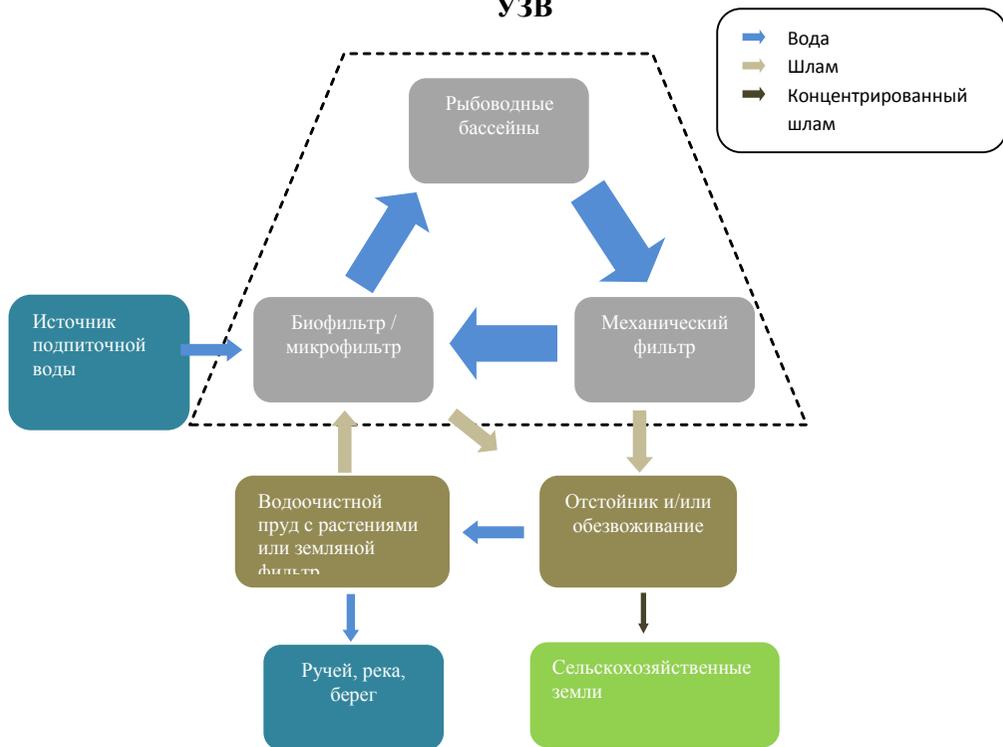


Иллюстрация 6.1 Пути шлама и воды внутри и снаружи УЗВ. Чем выше уровень рециркуляции, тем меньше уровень сточных вод (пунктирная линия) и тем меньше сточных вод нужно будет очищать.



Иллюстрация 6.2 Ленточный фильтр «Hydrotech», используемый для обезвоживания шлама. Источник: Hydrotech



Иллюстрация 6.3 Водоочистной пруд с растениями, расположенный после УЗВ для выращивания форели в Дании – до и после зарастания. Источник: Пер Боубьерг, DTU Aqua

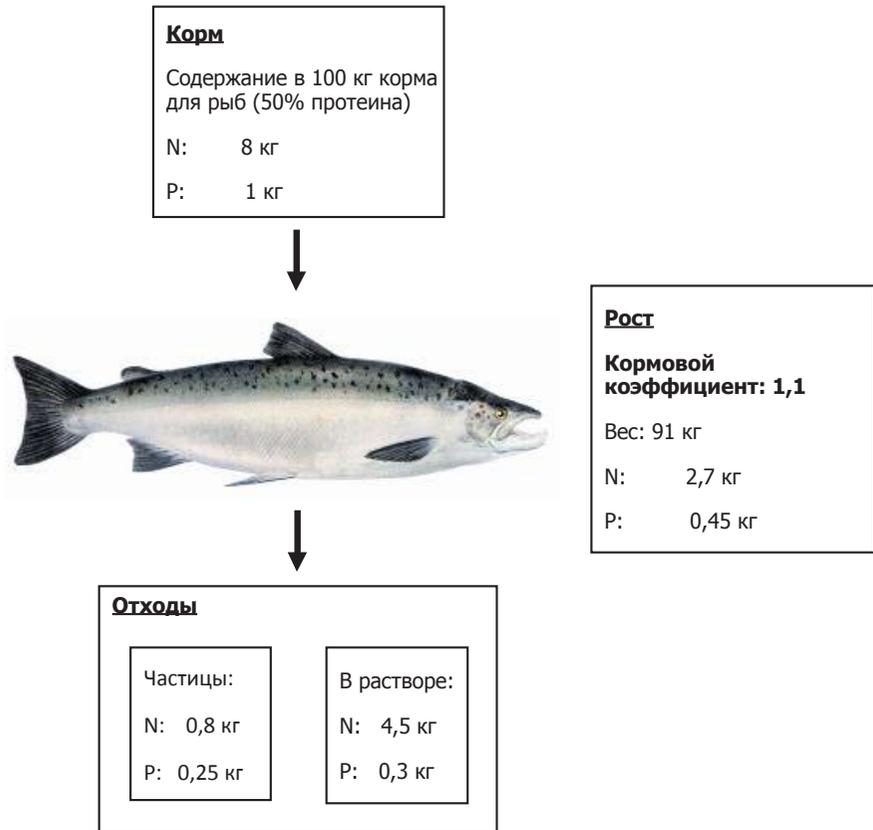


Иллюстрация 6.4 Выделение азота (N) и фосфора (P) выращиваемыми рыбами. Обратите внимание на количество N, выделяемое в растворенном виде. Источник: Агентство по охране окружающей среды Дании

можно использовать шлам, например, из механических фильтров. Использование шлама требует жесткого управления камерой денитрификации, а обратная промывка и чистка камеры усложняются. Тем не менее, эффективная камера денитрификации может снизить содержание азота в сточной воде до минимального.

в кале, а также большее количество фосфора. Остающийся в воде растворенный азот преобразовывается в биофильтре, 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 очистительных прудах с растениями или корневых зонах.

Параметр	Прямоугольный бассейн	Прямоугольный бассейн	Прямоугольный бассейн	Самоочищающийся бассейн	Самоочищающийся бассейн	Самоочищающийся бассейн
	40 μ	60 μ	90 μ	40 μ	60 μ	90 μ
	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 6.5 Удаление азота (N), фосфора (P) и взвешенного вещества (ВВ) механическим фильтром. Источник: Научно-исследовательская станция рыбного хозяйства Баден-Вюртемберга, Германия

Важно отметить, что рыбы выделяют отходы не так, как другие животные, например, свиньи или коровы. Азот, главным образом, выделяется в форме мочи через жабры, только небольшая его часть выделяется в форме экскрементов 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

Важно, чтобы экскременты из рыбоводных бассейнов сразу подавались 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 6.5 показано оценочное удаление азота, фосфора и взвешенных частиц (органического вещества) 50-микронным механическим фильтром.

Чем выше степень рециркуляции, тем меньше подпиточной воды

Выпуск с различных типов рыбных хозяйств мощностью 1 000 тонн в год	Выпуск азота, кг/год	Потребление воды, м ³ /год
Традиционные проточные хозяйства	38,000	250,000
СОВ	2,000	10,000
УЗВ	250	1,500

Иллюстрация 6.6 Примеры выпуска азота с традиционных проточных хозяйств, из систем оборотного водоснабжения (СОВ) и установок замкнутого водоснабжения. Источник: Danish Aquaculture

используется и тем меньше сбросной воды надо очищать. Во все большем числе случаев совсем нет выпуска воды в окружающую среду, например, в ближнюю реку. После очистки сточной воды, как первого этапа, оставшееся небольшое количество воды может просто быть выпущено на рельеф недалеко от хозяйства для фильтрации. В любом случае, общий объем сбросной воды значительно ниже, чем на традиционных рыбных хозяйствах – см. иллюстрацию 6.6.

Рециркуляция является эффективным способом для снижения воздействия рыбоводства на окружающую среду, но очистка сточных вод требует жесткого ежедневного управления для обеспечения эффективной работы системы очистки. Комбинация интенсивного рыбоводства, в УЗВ или традиционного, с экстенсивными рыбоводными системами, такими как, например, традиционным карповодством, может стать простым способом

утилизации биологических отходов. Питательные вещества из интенсивной системы используются в качестве удобрений в экстенсивных прудах, когда излишек воды с интенсивного хозяйства поступает в карповые пруды. Вода из экстенсивных прудов может повторно использоваться в качестве производственной 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 данный тип рециркуляционной аквакультуры обеспечивает большое число возможностей. Пример комбинации



Иллюстрация 6.7 Комбинация интенсивной и экстенсивной рыбоводных систем в Венгрии. Количество возможностей кажется неограниченным. Источник: Ласло Варади, Институт рыболовства, аквакультуры и ирригации (НАКИ), г. Сарваш, Венгрия.

различных систем выращивания может получить дальнейшее развитие в рекреационном бизнесе, где спортивная ловля карпа или ловля форели из зарыбленных прудов могут стать частью более крупного туристического центра, включающего в себя гостиницы, рыбные рестораны и другие объекты.

7. Заболевания

Существует большое количество примеров УЗВ, функционирующих без возникновения каких-либо проблем с заболеваниями. На практике возможно полностью изолировать УЗВ от нежелательных патогенов. Очень важно следить за тем, чтобы икра рыб, привозимая в установку, была абсолютно свободной от заболеваний и, если возможно, происходила из сертифицированной культуры, свободной от болезней. 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, чтобы никто из людей, проходящих на хозяйство, будь то посетители или рабочие, не занес никаких заболеваний.

Когда возможно, следует проводить тщательную дезинфекцию системы. Это относится как к новым установкам, готовым к первому запуску, так и к существующим системам, из которых удалили рыбу и которые готовы к новому производственному циклу. Следует помнить о том, что заболевание из одного бассейна УЗВ, по всей вероятности, распространится и на другие бассейны системы. Это делает понятной важность профилактических мер.



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

В УЗВ, использующих икру диких рыб, например, для пополнения естественных запасов, получение икры из сертифицированной свободной от болезней культуры невозможно. В таких случаях всегда существует риск внесения патогенов, живущих внутри икринок, таких как IPN (инфекционный некроз поджелудочной железы), BKD (бактериальная почечная болезнь) и, возможно, вирус герпеса, которые не могут быть уничтожены дезинфекцией икры. 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 «all in all out», что означает, что каждый блок полностью освобождается от рыбы и дезинфицируется, прежде чем заново заполняется икрой или

О чем следует помнить:	Как это делается?
Чистый источник подпиточной воды	По возможности, используйте грунтовые воды. Дезинфицируйте их УФ-излучением. В отдельных случаях используйте песочные фильтры и озон.
Дезинфекция системы	Наполните систему водой и поднимите 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 в раствор йода концентрацией 1,5% или согласно инструкции, либо опрыскайте им. Оставьте на 20 минут, после чего сполосните чистой водой.
Дезинфекция икры	Оставьте партию икры на 10 минут в растворе концентрацией 3 дл 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 прикасаться ни к чему внутри установки.

Иллюстрация 7.2 Пример схемы профилактических мер



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

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

Лечение заболеваний рыб в

УЗВ отличается от такового 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, чтобы идти вперед, необходим большой практический опыт. От одной обработки к другой концентрации должны увеличиваться осторожно, чтобы не убить рыб или не вывести из строя биофильтр. Всегда следуйте принципу «береженого бог бережет». При любой вспышке заболевания лекарственные препараты должны быть прописаны местным ветеринаром или ихтиопатологом. Он же должен объяснить их использование. Вы также должны внимательно прочесть инструкции по безопасности, так как при неправильном использовании некоторые препараты могут причинить значительный вред людям.

Обработка против эктопаразитов, то есть паразитов, располагающихся снаружи тела рыбы, на коже и в жабрах, может осуществляться путем добавления химических веществ в воду. Любые грибковые инфекции лечатся таким же образом, как заражения эктопаразитами. В пресноводных системах использование поваренной соли (NaCl) является эффективным способом уничтожения большинства паразитов, в том числе, бактериального заболевания жабр. Если обработка солью не помогает, использования формалина (HCHO) или перекиси водорода (H₂O₂) обычно хватает для лечения любых оставшихся паразитарных инфекций. Купание рыб в растворе празиквантела и

флубендазола также доказанно является эффективным средством против эктопаразитов.

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

Наиболее надежным способом обработки является окунание рыб в ванну с раствором химического вещества. Однако, на практике, данный метод неосуществим, поскольку объемы обрабатываемой рыбы часто слишком велики. Вместо этого рыба содержится в бассейне, где поступление воды отключается и оксигенация или аэрация бассейна осуществляется за счет распылителей. В бассейн добавляется раствор химического вещества, в котором рыбу оставляют плавать в течение определенного времени. Затем поступление воды опять открывается и, по мере водообмена в бассейне, раствор постепенно разбавляется. Вода, вытекающая из бассейна, разбавляется водой, находящейся в системе УЗВ, потому что концентрация в биофильтре будет значительно ниже, чем в обработанном бассейне. Таким образом в отдельном бассейне можно достичь относительно высокой концентрации химического вещества с целью уничтожения

паразита, в то же время уменьшая воздействие данного средства на систему биофильтрации. Как рыбы, так и биофильтры могут быть адаптированы к обработке солью, формалином и перекисью водорода, медленно повышая концентрации от одной обработки к другой. После обработки бассейна, полного рыбы, эта вода, вместо возврата в систему, также может быть откачана в отдельный блок для деградации.

В случае икры, однако, использование техники окунания является подходящим способом для обработки миллионов экземпляров за короткое время, например, при дезинфекции икры йодом. Этот метод также может быть использован для обработки икры, зараженной плесенью (*Saprolegnia*), просто погружая икру в раствор соли (7‰) на 20 минут.

В инкубационных цехах, откуда рыбы удаляются, как только они готовы к переходу на внешнее питание, эффективность биофильтра имеет меньшее значение, поскольку уровень аммиака, выделяемого икрой и мальками, является очень низким. Поэтому обработка представляет собой более простую задачу, поскольку Вы должны следить только за выживаемостью икры и рыб. Следует также отметить, что общий объем воды в инкубационном цехе является небольшим, поэтому полная замена воды новой может быть осуществлена быстро. В связи с этим Вы можете безопасно провести удачное лечение икры

и рыб в инкубационном цехе, обработав одновременно всю систему.

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

Как было отмечено выше, невозможно привести точные концентрации и рекомендации по использованию химических веществ в УЗВ. Вид рыб, их размер, температура воды, ее жесткость, количество органических

веществ, скорость водообмена, адаптация и т.д. – всё должно приниматься во внимание. Поэтому нижеприведенные указания являются очень приблизительными.

Соль (NaCl): Применение соли является относительно безопасным, и она может использоваться в пресной воде для лечения «манки», болезни белых пятен (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 организма рыб содержат около 8‰ соли и большинство пресноводных рыб выдерживают соленость воды, приблизительно равную этой, с течение нескольких недель. В инкубационном цехе концентрация 3–5‰ предотвратит грибковые инфекции.

Формалин (НСНО): Низкие концентрации формалина (15 мг/л) в течение долгого времени (4–6 часов) с успехом использовались для обработки против видов *Ichthyobodo necator* (*Costia*), *Trichodina* sp., *Gyrodactylus* sp., прикрепленных ресничных инфузорий и ихтиофтириуса. При концентрации около 8 мг/ч/м² площади биофильтра и температуре 15°C формалин относительно быстро разрушается в биофильтре. Однако формалин может снизить скорость преобразования азота бактериями в биофильтре.

Перекись водорода (H₂O₂): Не используется широко, хотя опыты дали многообещающие результаты относительно ее использования в качестве заменителя формалина при концентрациях между 8 и 15 мг/л в течение 4–6 часов. Эффективность биофильтра может стать хуже минимум на 24 часа после обработки, но она вернется к нормальному значению за несколько часов.

Использование других химических средств, таких как медный купорос или хлорамин-Т, не рекомендуется. Они очень эффективны в лечении, например, бактериального заболевания жабр, однако вероятность серьезного повреждения биофильтра очень велика и весь процесс рециркуляции, а также производства, может понести тяжелые потери.

При обработке бактериальных инфекций, таких как фурункулез, вибриоз или BKD, единственным способом лечения рыб является использование антибиотиков. В некоторых случаях рыбы могут заразиться паразитами, живущими внутри их, и способом удаления таковых также являются антибиотики.

Антибиотики подмешиваются в корма для рыб и скармливаются по несколько раз в день в течение, например, 7 или 10 дней. Концентрация антибиотиков должна быть достаточной для уничтожения бактерий и прописанную концентрацию лекарственного

препарата и время обработки следует тщательно соблюдать, даже если рыбы перестают умирать во время лечения. Если обработка прекращается перед окончанием прописанного срока, существует высокий риск того, что инфекция начнется заново.

Обработка антибиотиками в УЗВ имеет малое влияние на бактерий биофильтра. Концентрации антибиотиков в воде, по сравнению с их концентрациями внутри рыб, обрабатываемых кормами с лекарством, являются относительно низкими, и их воздействие на бактерий биофильтров – значительно ниже. В любом случае необходимо внимательно следить за параметрами качества воды, чтобы обнаружить любые изменения, поскольку они

могут указывать на какое-либо воздействие на биофильтр. Может потребоваться изменение рационов кормления, использование большего количества подпиточной воды или изменение расхода воды в системе.

Согласно предписаниям местного ветеринара, могут использоваться различные антибиотики, такие как сульфадиазин, триметоприм или оксолиновая кислота.

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

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 рыбоведам, 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 плавной, вследствие постоянного потока смолта, высаживаемого в садки, откуда крупный лосось облавливается в постоянном темпе и в подходящем для рынка размере.



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

Выращивание тюрбо в Китае

Рециркуляция морской воды является растущей отраслью, производящей много видов, таких как груперы, баррамунди, королевская макрель, палтус, камбала и др. Тюрбо – подходящий вид для рециркуляционной технологии, которую применяют также и китайские рыбоводы. Производственные результаты таких установок показывают, что тюрбо очень хорошо растет в полностью контролируемых условиях. Оптимальная температура для выращивания тюрбо меняется с его размером и он, как правило, чувствителен к изменениям условий обитания. Исключение подобных изменений, по-видимому, окупается

при выращивании тюрбо, поскольку тюрбо весом 2 кг может быть выращен за два года, тогда как при обычных условиях выращивания это занимает 4 года.

Образцовые форелевые хозяйства в Дании

Дания, несомненно, является лидером в экологически безопасном форелеводстве. Строгие экологические требования заставили рыбоводов внедрять новые технологии, чтобы свести к минимуму количество сбросной воды со своих хозяйств. Рециркуляция внедрялась путем создания так называемых «образцовых рыбных хозяйств» с целью увеличения производства и, одновременно, снижения



Иллюстрация 8.2 Хозяйство для выращивания тюрбо в Китае. Источник: АКВА групп.



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

воздействий на окружающую среду. Вместо использования огромных объемов воды из рек, на хозяйства 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 эффекты экологических воздействий показаны на иллюстрации 6.6 Главы 6.

Рециркуляция и пополнение запасов

Чистые реки и озера и естественные запасы рыб стали важнейшей целью охраны окружающей среды во многих странах. Сохранение природы путем восстановления природных местообитаний и зарыбления вод исчезающими видами или линиями рыб является одной из многих инициатив. Ниже приводятся три примера программ пополнения запасов.

Кумжа является популярной спортивной рыбой, обитающей во многих реках Дании, где почти в каждой реке есть своя, отдельная линия данного вида. 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 с 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 сделана в г. Босанска Крупа в Боснии и Герцеговине, где, при поддержке ФАО, был начат схожий проект по пополнению запасов. Выращиваемыми видами являются форель, хариус и дунайский лосось.

Мегахозяйства

По мере роста мировой продукции аквакультуры размер рыбных хозяйств постоянно увеличивается. Сегодня среднее предприятие по морскому садковому рыбоводству в Норвегии производит около 5.000 тонн лосося в год только на одном хозяйстве. В пресноводной аквакультуре размер хозяйств также растет, а в ряде стран, особенно в Азии, усиливается конкуренция за землю и воду.

наземные хозяйства (в форме УЗВ) рассматриваются как будущий способ выращивания объектов рыбоводства. Они занимают мало места и потребляют мало воды. Продовольственная безопасность и уровень контроля в УЗВ являются высокими, а выход продукции – постоянным и предсказуемым.

Вероятнее всего, в будущем будут строиться мегахозяйства замкнутого водоснабжения, сводящие к минимуму как экологические воздействия, так и себестоимость, и, в то же



Иллюстрация 8.5 Трехмерный рисунок мегахозяйства с бассейнами диаметром 15 метров, объем каждого из которых может достигать более 500 м³.

Экологические воздействия аквакультуры также вызывают беспокойство. УЗВ имеют ряд преимуществ, которые могут быть полезными в массовом производстве рыбы. В некоторых зонах морские хозяйства непопулярны, поэтому

время, ежедневно производящие постоянные объемы рыбы для рынка. Подобные хозяйства могут быть размещены вблизи больших городов или в густонаселенных зонах, откуда они легко могут поставлять свежую рыбу потребителям.

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 project, 2007: www.aquaetreat.org

The State of World Fisheries and Aquaculture 2006, FAO Fisheries and Aquaculture Department, Viale delle Terme de Caracalla, 00153 Rome, Italy, 2007, ISBN 978-92-5-105568-7

Приложение

Контрольный список, который нужно использовать при внедрении системы рециркуляции		
1.0	Информация о проекте	
1.01	Цели и задачи проекта	
1.02	Виды рыб, которые будет выращиваться	
1.03	Объёмы производства в год – в тоннах и числах	
1.04	Размеры рыб (на входе и на выходе) – план производства	
1.05	Количество партий в год	
1.06	Определите кормовой коэффициент (КК)	
1.07	Существующие чертежи и другая доступная информация	
1.08	Есть ли разрешение на сброс сточных вод. Ограничения, уровень дозволения и т.д.	
1.09	Наличие управляющего хозяйством или специалиста по рыбоводству	
1.10	Другая существенно важная информация, особые проблемы и пр.	
2.0	Информация о хозяйстве	
2.01	Солёная или пресная вода Содержание соли в морской воде	
2.02	Доступный источник воды Морская вода, река, колодец, грунтовые воды, скважина	
2.03	Какое количество воды доступно (Литры в секунду)	
2.04	Температура воды Летом / зимой Дневные / вечерние колебания	
2.05	Анализ воды Результаты pH	
2.06	Погодные условия: максимальная / минимальная температура воздуха Холодные зимы, сильная жара летом и пр.	

2.07	Состояние места застройки	
2.08	Температура почвы: максимум / минимум	
2.09	Имеется ли земельный участок. Форма земельного участка	
2.10	Имеется ли место для очистки сточных вод Местные пруды, зона инфильтрации	
2.11	Уровень грунта	
2.12	Местные источники электроэнергии. Перечислить	
3.0	Что представляет собой предприятие	
3.01	Нерестовое хозяйство	
3.02	Питомник / первое кормление	
3.03	Подращивание / Личинки	
3.04	Нагул	
3.05	Маточное стадо	
3.06	Производство живых кормов	
3.07	Очистное отделение	
3.08	Карантинное отделение Отделение акклиматизации	
3.09	Очистка при водозаборе	
3.10	Очистка сточных вод	
3.11	Сортировка / Облов / Доставка живой рыбы	
3.12	Переработка / упаковка / холодильный склад / оборудование для производства льда	
3.13	Лаборатория / Мастерская Офис / Столовая	
3.14	Аварийный генератор	
3.15	Кислородный генератор / аварийная кислородная ёмкость	
3.16	Подогрев воды / Система охлаждения	
3.17	Требования к зданию, изоляция	
3.18	Архитектура Окрестности	

Основные аспекты

- Помощь рыбоводам в преобразовании своих хозяйств в УЗВ.
- Введение в технологию и методы управления.
- Рекомендации по надлежащей практике и обзор планирования и инвестиций, необходимых для перехода на рециркуляцию.
- Описание очистки воды и обращения со сточной водой.
- Примеры из различных проектов по 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, имеет степень магистра, полученную в Копенгагенском университете и является владельцем собственного рыбного хозяйства.

Настоящее руководство издано Международной организацией «ЕВРОФИШ» при поддержке Суб-регионального бюро ФАО по Центральной и Восточной Европе.

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

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

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

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