

**Тема 1**  
**ПОНЯТИЕ ИНДУСТРИАЛЬНОГО РЫБОВОДСТВА, ЕГО МЕСТО**  
**В СИСТЕМЕ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И КРАТКАЯ ИСТОРИЯ**  
**РАЗВИТИЯ**

- 1. Понятие индустриального рыбоводства**
- 2. Место индустриального рыбоводства в системе рыбного хозяйства, его формы и перспективы развития**
- 3. История развития индустриального рыбоводства**

**1. Понятие индустриального рыбоводства**

Одной из сложнейших и насущных проблем современного мира является проблема обеспечения увеличивающегося населения планеты продуктами питания. Одновременно она теснейшим образом переплетается с проблемой охраны окружающей среды. Ушедшее тысячелетие завершает эпоху экстенсивной эксплуатации биосферы нашей планеты. При общей тенденции к сокращению рыбных запасов в морях и океанах особое значение приобретает аквакультура, т. е. разведение рыбы, пищевых беспозвоночных и водорослей в контролируемых условиях.

Развитие мировой аквакультуры объективно свидетельствует о неуклонном росте ее удельного веса в общем балансе производства рыбной продукции. Так, если в 1975 г. аквакультура составляла около 11 % от общего объема производства рыбопродукции, в 1985 г. – 12 %, то к 1999 г. объем производства достиг 28 %, в настоящее время – более 50 %.

Максимальный уровень развития аквакультуры в нашей стране отмечен в 1990 г., когда было выращено 254,3 тыс. т рыбы. Однако в дальнейшем вследствие целого ряда известных социально-экономических причин производство рыбы сократилось почти в 5 раз, в 2010 г было выращено 121,0 тыс. т. Объем производства морской живой рыбы в России в 2020 году вырос до 154 тысяч тонн, а производство пресноводной живой рыбы снизилось до 16,9 тысяч тонн. Производство пресноводной свежей или охлажденной рыбы в 2020 году составило 80,9 тысяч тонн.

Увеличение производства рыбы традиционными методами, основанными преимущественно на экстенсивном использовании природных ресурсов, имеет определенные естественные ограничения. Лимитирующими факторами выступают земля, вода и внешняя среда. В связи с этим актуальным является перспективное расширение индустриальных хозяйств, обеспеченных суперинтенсивными технологиями. Последнее особенно касается рыбоводных систем с замкнутым циклом водообеспечения, позволяющих осуществлять круглогодичное выращивание любых видов аквакультуры вне зависимости от климатических условий при одновременном достижении максимальных показателей роста и продуктивности на фоне сбережения ресурсов и обеспечения экологической чистоты производственного процесса.

Современная программа развития рыбного хозяйства России предполагает разработку циркуляционных систем, представляющих в своей основе совершенно иную форму связи между производством и окружающей средой. Выращивание рыбы в рециркуляционных системах происходит при многократном использовании одного и того же объема воды, подвергаемого очистке и вновь возвращаемого в рыбоводные емкости. В таком виде система обеспечивает надежный контроль за процессами выращивания и позволяет осуществлять соответствующие мероприятия по оптимизации водной среды.

При этом значительное увеличение производства рыбной продукции возможно только благодаря внедрению новых современных технологий, одной из которых является выращивание рыбы в установках с замкнутым водоиспользованием (УЗВ). Подобные установки обеспечивают полную независимость производственного процесса от природноклиматических условий и времени года. При этом в 3–6 раз сокращается время выращивания гидробионтов, созревания производителей и формирования маточных стад. Водопотребление уменьшается в 160 раз. Достигается высокая рыбопродукция бассейнов.

Индустриальное рыбоводство – новое направление рыбного хозяйства, которое имеет широкие перспективы развития. Технология индустриального рыбоводства основывается на выращивании рыбы при высокой плотности посадки путем создания благоприятных условий культивирования, кормления полноценными кормами, механизации и автоматизации всех производственных процессов и получении товарной продукции в течение круглого года (Лавровский, 1981; Кудерский, 1999; Канидьев и др, 1979).

Индустриальное рыбоводство – это разведение и выращивание рыбы в небольших рыбоводных емкостях (бассейнах, садках, установках оборотного водоснабжения, системах замкнутого водоиспользования) с применением пресной и морской воды, отличающиеся высокой интенсивностью и производительностью.

Положительные результаты разработки технологии выращивания рыбы в УЗВ, существенно превосходящие по уровню эффективности применения традиционных методов, предполагали иной уровень организации процессов, протекающих в замкнутых системах и обеспечивающих получение лучших рыбоводных показателей.

Отличие по производительности и интенсивности индустриального рыбоводства от традиционных форм (пастбищного и прудового) можно показать на следующем примере. Пастбищное рыбоводство позволяет выращивать до 100 кг/га рыбопродукции, экстенсивная форма прудового рыбоводства – до 1 т/га, интенсивная форма прудового рыбоводства – 10 т и более на 1 га. Методы индустриальной аквакультуры при замкнутом цикле водообеспечения позволяют достигать 500–1000 т/га. При этом затраты природных ресурсов на 1 кг готовой продукции расходуются следующим образом: при пастбищном методе – 100 м<sup>2</sup> земли и 130 м<sup>3</sup> воды, при традиционном прудовом методе – 10 м<sup>2</sup> земли и 10–20 м<sup>3</sup> воды, при

интенсивном прудовом способе – 1 м<sup>2</sup> земли и 5–10 м<sup>3</sup> воды, при индустриальном рыбоводстве – 0,01 м<sup>2</sup> земли и 0,005 м<sup>3</sup> воды.

## **2. Место индустриального рыбоводства в системе рыбного хозяйства, его формы и перспективы развития**

Рыбное хозяйство в традиционном понимании означает мероприятия по воспроизводству и разведению рыбы, а также пищевых беспозвоночных и водорослей, т. е. рыбное хозяйство подразумевает аквакультуру. В настоящее время к рыбному хозяйству принято также относить рыбный промысел, что не совсем верно.

Под аквакультурой понимается разведение рыб, пищевых беспозвоночных и водорослей в контролируемых условиях. Аквакультура разделяется на марикультуру (рыб, беспозвоночных и водорослей) и пресноводную аквакультуру (в основном рыбоводство). Последняя включает в себя основные составляющие: нагульное (пастбищное) рыбоводство, прудовое рыбоводство и индустриальное рыбоводство (Багров, 2000). Индустриальное рыбоводство состоит из озерных, садковых и бассейновых хозяйств, систем с оборотным водообеспечением (СОВ) и установок с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ).

*Интенсивные озерные рыбоводные хозяйства* – это управляемые хозяйства, в которых обеспечивается непрерывный качественный и количественный рост получаемой рыбопродукции благодаря концентрации производства, полной механизации и частичной автоматизации рыбоводных процессов. Интенсификация их заключается в концентрации производства, полной механизации и частичной автоматизации рыбоводных процессов.

*Садковые хозяйства* имеют ряд преимуществ перед прудовыми, а именно:

1. Для их создания не требуется длительного времени и больших начальных капитальных вложений.
2. Садки просты по конструкции и изготавливаются из широко применяемых в рыбной промышленности сетематериалов.
3. Постройка и установка садков осуществляется без применения сложных, дорогостоящих агрегатов.
4. Садковые хозяйства не занимают значительных земельных площадей.
5. Не используется первично пресная вода, которая становится в ряде районов все более дефицитной.

*Интенсивные форелевые хозяйства* – высокоинтенсивные хозяйства с концентрированным выращиванием рыбы при обеспечении оптимальных условий окружающей среды. Уровень интенсификации определяется кратностью обмена воды в производственных сооружениях, применяемыми кормосмесями и методами кормления, долей ручного труда, методами выращивания различных возрастных групп форели и другими биотехническими приемами.

*Бассейновые хозяйства* имеют следующие преимущества:

1. Высокая плотность посадки благодаря интенсивному водообмену.

2. Компактное размещение бассейнов, экономия земельного фонда.
3. Возможность применения оборотного водоснабжения.
4. Постоянный визуальный контроль за выращиваемой рыбой, ее состоянием.
5. Хорошая промываемость, а, следовательно, слабое накопление илов, более легкая очистка.
6. Отсутствие застойных зон.
7. Минимальные потери от хищников и рыбоядных рыб.
8. Благоприятные условия механизации и автоматизации облова и кормления.

*Хозяйства СОВ* – системы с оборотным водоснабжением, использующие для очистки воды специальные биологические пруды.

*Хозяйства УЗВ* – установки с замкнутым циклом водообеспечения с полностью регулируемым режимом разведения и выращивания рыбы.

Особенностью развития аквакультуры и особенно ее высших форм при индустриальных методах выращивания является ослабление пресса природных факторов на успешность производства товарной продукции.

В прудовом рыбоводстве путем кормления искусственно приготовленными кормами существенно увеличивается объем рыбопродукции, но трудность самоочищения значительно ограничивает рыбопродуктивность прудов. Воздействие это существенно упрощается при индустриальных методах ведения рыбоводного хозяйства.

При садковом и бассейновом вариантах выращивания в зоне содержания рыбы создаются оптимальные для нее условия среды с помощью естественной или искусственно создаваемой проточности. При бассейновом варианте и содержании рыбы в замкнутых системах водообеспечение осуществляется по оборотной или замкнутой схеме. Благодаря указанным приемам плотность посадки рыбы в садки, бассейны и другие емкости резко возрастает по сравнению с прудами, в связи с чем на несколько порядков увеличивается выход рыбы с единицы площади или объема рыбоводных сооружений.

В общем случае при индустриальных методах выращивания удовлетворение таких жизненных потребностей рыбы, как температурный и кислородный режимы, качество водной среды обеспечивается не естественным, а искусственным функционированием водных экосистем. В индустриальных хозяйствах все потребности рыбы удовлетворяются соответствующими инженерными (техническими) системами: чистота воды обеспечивается системой фильтров, ее качество – блоком водоподготовки, включающим терморегуляцию, оксигенацию, очистку от органических загрязнений и т. д. В итоге вода в индустриальных установках выполняет лишь такую технологическую функцию, как вынос из зоны обитания рыб различных твердых и растворенных загрязнений и доставку в эту зону тепла и кислорода. Сама вода не производит продукцию, как это наблюдается в прудовых и озерных условиях.

Таким образом, индустриальная аквакультура оказывается автономным хозяйством, независимым по отношению к процессам, с которыми связано продуцирование рыбы в естественных или частично измененных водных экосистемах. На практике оказывается, что многие функции водных экосистем успешно выполняются специализированным оборудованием, которое работает, как правило, значительно эффективнее и тем самым обеспечивает предельно высокие показатели выхода рыбной продукции из рыбоводных сооружений. Всесторонняя техническая вооруженность и уровень рыбопродукции позволяют считать индустриальное рыбоводство высшей формой современной пресноводной аквакультуры.

Помимо отмеченных общих положений индустриальное рыбоводство обладает такими привлекательными чертами, как высокая концентрация производства на ограниченных площадях, большая производительность труда персонала, занятого на основном производстве, возможность размещения хозяйств вблизи потребителя. Последняя особенность позволяет осуществлять реализацию рыбы в наиболее приемлемой для потребления форме – живой и свежей.

Для индустриальных хозяйств, питающихся теплой водой, характерна такая черта, как независимость от климата. Рыбхозы, использующие теплые воды электростанций (ТЭС и АЭС) и промышленных предприятий, а также геотермальные воды, могут размещаться в любом регионе страны при наличии источников воды с повышенными (против естественных) температурами. Эта черта тепловодной формы индустриального рыбоводства делает его особенно перспективным в условиях России, на большей части территории которой климатический фактор не способствует развитию обычных форм товарного рыбоводства. Кроме того, при использовании теплых вод появляется возможность выращивать различные теплолюбивые виды рыб, отличающиеся не только повышенной продуктивностью, но и высокими потребительскими качествами.

Все формы индустриальных хозяйств по характеру водообеспечения можно подразделить на три группы:

1. Хозяйства, использующие воду с естественной температурой (холодноводные).
2. Хозяйства, использующие воду с повышенной против естественного уровня температурой (тепловодные).
3. Хозяйства, использующие морскую или солоноватую воду (холодноводные или тепловодные).

Индустриальные хозяйства могут работать по проточной, оборотной и замкнутой схемам водоснабжения.

Количество товарной продукции, производимой индустриальными методами, пока составляет существенно малую часть по сравнению с прудовым способом и не отражает реальных перспектив этого направления рыбного хозяйства, но это следует рассматривать как временное явление.

Несмотря на перспективность индустриального рыбоводства, в России оно имеет пока небольшое значение, что обусловлено в прошлом прежде

всего консервативностью подходов к оценке долговременных тенденций развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах. Следует ожидать, что в условиях рынка все-таки произойдет переоценка ценностей и акцентов и индустриальное рыбоводство сможет развиваться повышенными темпами, займет подобающее ему место в общих объемах производства пресноводной рыбной продукции.

Сдерживание его развития исходило из предпосылки, что народу необходимо было производить дешевую столовую рыбу (карпа), а производство ценных и деликатесных рыб (форели, сига, осетры, канальный сом и др.) искусственно сдерживалось. В настоящее время таких ограничений нет, но на первое место выступают ограничения экономики, которые и сдерживают развитие столь необходимого направления рыбоводства.

Основными направлениями развития индустриального рыбоводства в России являются:

– выращивание холодолюбивых рыб (радужная форель и ее аналоги, сига и др.) в садках, установленных в водоемах с естественной температурой воды (озера, водохранилища, каналы и др.);

– выращивание теплолюбивых рыб в садках, бассейнах, лотках при прямоточной схеме водоснабжения или оборотных и замкнутых системах с использованием теплых вод.

Можно выделить следующие пути повышения эффективности работы индустриальных хозяйств:

1. Формирование и содержание племенных маточных стад.
2. Повышение выживаемости рыб разного возраста.
3. Разработка и применение высокоэффективных гранулированных кормов.
4. Получение в ранние сроки посадочного материала для прудовых и пастбищных хозяйств.
5. Круглогодичное разведение и использование полицикла.
6. Введение в сферу производства новых высокопродуктивных объектов рыбоводства.
7. Развитие декоративного рыбоводства.
8. Круглогодичная реализация товарной продукции и выращивание дорогостоящих деликатесных рыб.

Учитывая довольно холодный климат России, большее распространение могут получить холодноводные индустриальные хозяйства с культивированием радужной форели и сигов (муксун, чир, пелядь, пыжьян и др.), особенно в водоемах севера и северо-запада европейской части, которые приближены к вероятным внешним рынкам, где можно будет успешно реализовывать в первую очередь сиговых рыб.

Таким образом, индустриальное рыбоводство страны (садковые, бассейновые, комбинированные, СОВ и УЗВ) имеет большие перспективы при решении вопросов, связанных с качеством кормов, стабилизацией цен на энергоносители, повышением жизненного уровня населения.

Индустриальное рыбоводство имеет большие перспективы развития. Предполагается, что объем товарной продукции индустриального рыбоводства в ближайшее десятилетие составит около 30 тыс. т в год.

### **3. История развития индустриального рыбоводства**

Возникновение и развитие индустриального рыбоводства стало возможным благодаря научным достижениям ученых разных институтов и технического прогресса – создания технологий и технических средств, выпускаемых фабричными и заводскими методами. Творческое сотрудничество биологов и инженеров обеспечило развитие нового направления аквакультуры.

Первые работы по промышленному интенсивному выращиванию рыб в индустриальных условиях проведены на рыбоводной ферме Танаки (Япония), когда в 1954 г. в двух бассейнах общей площадью 62 м<sup>2</sup> получили 8,5 т карпа (Корнеев, 1967), а первое применение садкового метода связано с Камбоджей (1851 г.). Японским исследователям также впервые удалось получить положительные результаты выращивания карпа в циркуляционных системах.

Основы индустриального рыбоводства в России были заложены в 1930-е гг., когда был разработан метод гипофизарных инъекций получения половых продуктов коллективом ученых под руководством Н.Л. Гербильского – заведующего лабораторией рыбоводства Главрыбвода – и его учениками И.А. Баранниковой, Б.Н. Казанским и Г.М. Персовым. Этот метод прежде всего применялся при разведении осетровых рыб. В начале 1960-х гг. его стали использовать при разведении растительноядных рыб (белый амур, белый и пестрый толстолобик). При этом ведущей организацией являлась лаборатория акклиматизации ВНИИПРХа под руководством В.К. Виноградова. Затем, уже с середины 1960-х гг., метод гипофизарных инъекций нашел широкое применение при разведении карпа. Дополненный такими технологическими приемами, как отмывка икры, использование для инкубации аппаратов Вейса, подогрев воды до оптимальной температуры, этот метод получил название заводского. Существенный вклад в разработку метода внесла лаборатория тепловодного рыбоводства ГосНИОРХа в лице А.Г. Конрадта и А.М. Сахарова. Над проблемой отмывки икры карпа работала группа сотрудников кафедры ихтиологии МГУ под руководством С.Г. Соина.

Полициклический метод получения и выращивания посадочного материала карпа, предложенный рядом научных организаций, был впервые реализован на практике в 1985 г. в рыботорварном цехе ВерхИсетского металлургического завода (ВИЗа).

Технология промышленного выращивания тилляпии была налажена в 1980-х гг. в рыбоводном хозяйстве Новолипецкого металлургического завода с помощью сотрудников кафедры рыбоводства ТСХА.

Основы технологии выращивания рыб с применением теплой воды были заложены коллективами научных сотрудников ВНИИПРХа А.Н. Корнеева и

Ю.А. Привезенцева. Тепловодное рыбоводство получило последующее существенное развитие в работах сотрудников ГосНИОРХа.

Широкое применение в рыбоводстве «чистого» кислорода началось в 1957 г. на Центральной производственно-акклиматизационной станции при транспортировке водных организмов в полиэтиленовых пакетах и в каннах.

В этой же организации был разработан первый отечественный оксигенатор, который использовался при насыщении кислородом воды, подаваемой в бассейн с живой рыбой, на международной специализированной выставке «Инрыбпром-68». Затем оксигенаторы стали успешно применяться в рыботорварном цехе ВИЗа, где были смонтированы как вертикальный, так и горизонтальный варианты этого оборудования. Теперь оксигенаторы являются обязательным оборудованием почти во всех хозяйствах индустриального типа, в том числе и тех, где выращивают форель (г. Сходня Московской области). Здесь впервые в 1958 г. создана производственная установка по выращиванию молоди форели при оборотном водоснабжении

В современных условиях трудно представить индустриальное рыбоводство без развитого кормопроизводства. В разработке искусственных кормов принимали участие многие творческие коллективы, прежде всего таких институтов, как ВНИИПРХ, ГосНИОРХ, УкрНИИРХ, КрасНИИРХ и др.

Проблемами культивирования живых кормов длительное время занималась лаборатория ВНИИПРХ под руководством И.Б. Богатовой. Первое довольно эффективное хозяйство по производству артемии на территории бывшего Союза создано Е.Е. Гусевым.

Сотрудником кафедры рыбоводства ТСХА В.В. Лавровским (1981) разработан способ кормления с использованием аэрокормушек.

С 1960 г. начали разрабатывать первые замкнутые системы простого типа по выращиванию лососевых рыб в Калифорнии с постепенным усложнением и совершенствованием типа Штелерматик. В 1978 г. была создана система Биорек (Эстония), установка ВНИИПРХ – СПИАГУ (1984–1986), установка ВИЗ РКУ-240 (1979–1982).

Элементы и системы индустриального рыбоводства продолжают разрабатываться и модернизироваться для более совершенного технического оснащения рыбоводных цехов, отвечающего самым современным требованиям.



## **Тема 2**

# **ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ПРИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕТОДАХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ РЫБ**

### **1.Абиотические факторы среды**

### **2.Биотические факторы среды**

#### **1.Абиотические факторы среды**

Физико-химические свойства воды определяют эффективность выращивания водных организмов, так как они являются первичноводными животными и протекание всех жизненных функций зависит от состояния водной среды. Поэтому вода по своему составу в емкостях для выращивания должна отвечать нормам, которые обеспечивают сохранность вида, плодовитость и качество потомства, способствуют проявлению потенциальных возможностей роста и не создают условий развития различных заболеваний.

Весь комплекс факторов внешней среды можно разделить на две группы: абиотические и биотические. К абиотическим факторам среды, влияющим на эффективность выращивания рыбы в промышленных условиях, относятся следующие: 9

- температурный режим;
- кислородный режим;
- водообмен;
- загрязнение;
- связь с воздушной средой;
- освещенность;
- прозрачность.

*Температура воды* – один из универсальных и определяющих экологических факторов среды. Так как рыбы и другие культивируемые беспозвоночные – пойкилотермные организмы, то их активность зависит от температуры воды. По отношению к температуре воды эти организмы могут быть эвритермные и stenотермные.

Для форели, как и для других рыб, оптимальная температура зависит от возраста: для икры – 6-12,5°C; личинок, мальков – 10-14°C; сеголетков, годовиков – 14-16°C; товарной рыбы – 14-18°C. Пороговая температура составляет около –0,1°C, летальная –26°C. Для карпа оптимальная температура – 23-27°C, критическая – 0,5°C. Для форели благоприятные температуры колеблются от 12 до 16°C, допустимые – от 8 до 18°C. Если температура ниже 8°C, то молодь хуже питается и хуже усваивает корма; при температуре 18–20°C и более возникает трудность поддержания газового режима, кислорода и активизация болезней. Оптимальная температура для взрослого карпа составляет 22–24°C, для молоди – 25-27°C. Для зимующего карпа критическая температура составляет 0,5°C. От температуры воды зависят сроки созревания, нереста, продолжительность жизни. Например, для карпа предельный срок жизни составляет на Кубе 8 лет, в России – 20 лет.

*Растворенный в воде кислород (O<sub>2</sub>)*. Его содержание тесно связано с температурой воды. Он растворяется в 28 раз труднее, чем углекислый газ, и в 2 раза труднее, чем азот. В солоноватой и морской воде он растворяется меньше, чем в пресной. Оптимальные значения кислорода для выращивания водных организмов составляют 7–11 мг/л. Чем моложе рыба, тем больше ей требуется растворенного кислорода. Для форели массой до 50 г необходимо 500–600 мг O<sub>2</sub> кг/ч, а для форели массой 100–200 г требуется 400–500 мг O<sub>2</sub> кг/ч.

Содержание растворенного кислорода может колебаться в широких пределах в зависимости от вида рыбы и различия потребности в нём. Например, для карпа оптимальное содержание растворенного кислорода на водоподаче составляет 7 мг/л (80 % насыщения), на вытоке – 4 мг/л (40 % насыщения), а для форели соответственно 9–11 и 5 мг/л.

Водная растительность днем выделяет молекулярный кислород в процессе фотосинтеза. От содержания O<sub>2</sub> зависит скорость эмбрионального развития. Содержание кислорода для форели может достигать 300–350 %, тем не менее не следует допускать его превышения более 200–250 %, а также не следует допускать резкого повышения температуры воды.

Пересыщение воды воздухом, точнее, азотом является одним из факторов, способствующих возникновению газопузырькового заболевания у

рыб. Для молоди лососевых летальными являются следующие величины насыщения воды азотом: 103–104 % нормального насыщения воды – для личинок с желточным мешком и мальков; 105–113 % – для сеголетков, 118 % – для взрослых рыб. Такая ситуация часто создается при выращивании рыбы на отработанных водах ГРЭС, ТЭС и АЭС, а также при механическом водоснабжении, когда появляется возможность подсоса воздуха в закрытом трубопроводе.

*Озон (O<sub>3</sub>).* Бактерицидные свойства озона были установлены еще в конце XIX в. Озон широко применяется при обеззараживании питьевой воды. Он представляет собой аллотропическое видоизменение кислорода. При обычных условиях это голубовато-фиолетовый газ, в жидком состоянии – темно-синего цвета, в твердом – черного. При определенных условиях озон взрывоопасен. Растворимость его в воде выше, чем у кислорода. Молекула озона крайне неустойчива и легко разлагается с выделением энергии. Озон обладает высоким окислительным потенциалом и легкостью диффузии через клеточные оболочки микробов. Он окисляет органическое вещество микробной клетки, приводя ее к гибели. Спорообразующие бактерии более устойчивы к воздействию озона. Последний губительно действует на гидробионты. Водоросли гибнут при концентрации озона 0,5–1,0 мг/л, моллюски – при 3,0 мг/л. Для полной гибели циклопов, олигохет, дафний и коловраток достаточно 2 мг/л. Для обеззараживания воды достаточно 0,5–4 мг/л O<sub>3</sub>. Чем более мутная вода, тем больше нужно расходовать озона. Он улучшает вкус воды, снижает ее цветность и уничтожает запах. Подача озона после биологического фильтра обеспечивает окисление аммония и нитритов.

Озон при концентрации 15 мг/л полностью уничтожает за 15 с бактерии и вирусы и окисляет значительное количество органических веществ, а также снижает концентрацию железа.

*Углекислота, двуокись углерода, свободный диоксид (CO<sub>2</sub>).* Биопродуктивность водоема зависит от наличия двуокиси углерода. В большей концентрации углекислый газ ядовит для рыб. Содержание CO<sub>2</sub> уже в концентрации 30 мг/л вызывает аритмию и угнетенное дыхание, 50–80 мг/л – нарушение равновесия, 107 мг/л – плавание на боку. Гемоглобин связывает большое количество CO<sub>2</sub>, что приводит к резкому уменьшению концентрации O<sub>2</sub>. Рыбы начинают задыхаться даже в насыщенной кислородом воде.

В природных водах углекислота содержится в трех формах:

1) в свободном состоянии в виде газа, растворенного в воде (двуокись углерода); 2) в виде ионов HCO<sub>3</sub> (гидрокарбонат ионов); 3) в виде ионов CO<sub>3</sub> (карбонат-ионов).

При избытке CO<sub>2</sub> рыба гибнет с прижатыми жаберными крышками, а при недостатке O<sub>2</sub> – с оттопыренными. Концентрация CO<sub>2</sub> может резко повыситься во время паводка, весной, летом и осенью во время дождей.

Содержание углекислоты оказывает существенное влияние на жизнедеятельность рыб (табл. 1).

*Соленость и содержание минеральных солей.* Под соленостью понимают общее количество минеральных веществ, растворенных в 1 кг морской воды, которое выражают в граммах на килограмм или в тысячных долях, обозначают как  $S$  и выражают в промилле (‰). Соленость затруднительно определить химическим путем, поэтому ее определяют через весовую концентрацию хлора в воде:  $S \text{ ‰} = 1,80655 (Cl)$ . Пресные воды содержат 1 г/л, солоноватые – 1–15 г/л, соленые – 15–40 г/л минеральных солей.

Таблица 1 - Влияние углекислоты на жизнедеятельность рыб

| Виды рыб        | Концентрация CO <sub>2</sub> , мг/л |                       |                              |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
|                 | Учащенное дыхание                   | Нарушенное равновесие | Боковое или спинное плавание |
| Радужная форель | 36                                  | 50                    | 100–147                      |
| Карп            | 50–73                               | 202                   | 257                          |
| Линь            | 110–123                             | 385                   | 440                          |

Форель способна покрыть потребности в минеральных веществах из окружающей воды. Для нее лучше жесткая вода, чем мягкая. С возрастом концентрация солей может быть бóльшей. Молодь хорошо растет при 3–6 ‰, неплохо переносит 9 ‰. Соленость в количестве 12–15 ‰ для двухлетней форели уже является нормальной. При массе 100 г и более форель хорошо переносит соленость 30–35 ‰.

В жизни рыб и других гидробионтов большую роль играют Ca, P, K, Fe, Si, Na, Mg, Mn, Cu, Co и др. Из солей важное значение имеют соли угольной кислоты (бикарбонаты и карбонаты), а также соляной (хлориды), фосфорной (фосфаты), серной (сульфаты), азотной (нитраты) и других кислот. Источниками поступления микроэлементов в рыбу являются вода, растительность, естественный и искусственный корма.

*Активная реакция среды – рН* (водородный показатель рН) является показателем концентрации ионов водорода в воде и определяет среду: кислую, нейтральную или щелочную. Его название происходит от английского слова *power* (р) и химического знака ионов водорода (Н). Для карпа допустимые значения рН находятся в пределах 4,5–10,8. Критическое значение рН для форели составляет 9,2. Весной при резком возрастании щелочности до 9 наблюдается гибель рыб. Летом жизнедеятельность растений (элодея, рдест гребенчатый, синезеленые и нитчатые водоросли) повышает значение рН. Негашеная известь, соли меди и гербициды нейтрализуют кислую среду. Водородный показатель существенно зависит от содержания Са в воде. Нейтральное содержание рН равно 7, благоприятные условия содержания рН – 6,5–8, критические значения ниже 6 и выше 8. Жесткая вода стабилизирует рН. Величина рН определяет токсичность многих биологически активных веществ.

Кислые воды болот, гуминовые вещества препятствуют эффективному выращиванию рыбы. Приток талой воды резко меняет активность среды и вызывает массовые отходы рыбы. Для карпа предел выживания составляет

4,3–10,8, для ручьевой форели – 4,5–9, для радужной – 9,2. При высоком значении рН повышается ядовитое воздействие аммиака.

*Течение* – носитель кислорода, удаляет продукты метаболизма (обмена), остатки корма, экскременты. Течение равномерно распределяет корм. В лотках скорость течения не превышает 2–3 см/с. Крупная форель может преодолевать течение до 20 м/с. Известно, что большая скорость вызывает повышенный водообмен и ухудшает рыбоводно- экономические показатели. Поэтому необходимо создавать умеренное течение. Обычно течение в емкостях для выращивания не должно быть выше 0,5 м/с.

*Водообмен.* От степени водообмена зависит рыбопродуктивность и рыбопродукция водоема и рыбоводной емкости. При лучшем водообмене, как правило, объемы рыбопродукции увеличиваются.

*Жесткость* зависит от наличия солей Са и Mg. За единицу жесткости принят градус жесткости: 1 немецкий градус 1°Н = 10 мг Са в 1 л воды; 1 французский градус 1°Ф = 10 мг СаСО<sub>3</sub>; 1 английский градус 1°А = 10 мг СаСО<sub>3</sub> в 700 г воды, или 14,3 мг/л СаСО<sub>3</sub>. Жесткость бывает кальциевой и магниевой, а суммарная – общей жесткостью. Карбонатная жесткость (СаСО<sub>3</sub>) – известь характеризует концентрацию кальция и магния, а бикарбонатная (СаСО<sub>3</sub>)<sub>2</sub> хорошо растворяется в воде до 900 мг/л, или до 50°. Жесткость, остающаяся в воде после кипячения, называется постоянной и выражается в мг- экв./л: 1 мг экв./л Са = 20,04 мг; 1 мг-экв./л Mg = 12,16 мг. Карбонатная жесткость составляет 70–80 % от общей жесткости. По степени жесткости воду делят на 6 классов (табл. 2).

Таблица 2 - Характеристика воды в зависимости от жесткости

| Жесткость общая, мг-экв./л | Градус жесткости, °Н | Характеристика воды |
|----------------------------|----------------------|---------------------|
| До 1,4                     | До 4                 | Очень мягкая        |
| 1,5–3,0                    | 4–8                  | Мягкая              |
| 3,1–4,3                    | 8–12                 | Средняя жесткость   |
| 4,4–6,4                    | 12–18                | Довольно жесткая    |
| 6,5–10,7                   | 18–20                | Жесткая             |
| 10,8                       | 30                   | Очень жесткая       |

Повышения жесткости воды на 2–4°Н можно добиться добавлением известняка, мела, мрамора. Более эффективно действует добавление хлористого кальция и магния.

*Освещенность.* Радужная форель не любит прямого солнечного света, но она боится его меньше, чем ручьевая форель. С возрастом у нее наблюдается отрицательный фототаксис. Прямые солнечные лучи способны вызывать ожоги тела у мальков, поэтому лучше, когда выращивание идет при рассеянном, ослабленном свете. Свет и фиолетовые лучи губительны для икры лососевых, желтые и оранжевые лучи безвредны. От длительности светового дня в сильной степени зависят сроки полового созревания форели. Карпы-годовики менее активны в сумерки и на рассвете, т. е. при слабой освещенности.

*Прозрачность* обусловлена цветом и мутностью воды. Хорошо, когда бассейны, заполненные водой, просматриваются до дна. В садках должна

быть достаточно прозрачная вода, так как форель при питании ориентируется в основном с помощью зрения. При выращивании карпа прозрачная вода – признак малопродуктивности пруда.

*Мутность. Взвешенные вещества.* Превышение нормы взвешенных веществ приводит к гибели рыб, замедлению роста, снижению устойчивости к заболеваниям, отрицательному воздействию на развитие икры и личинок, изменяет естественные движения рыб, снижает обеспеченность пищей. За норму количества взвешенных веществ принимается 25 мг/л и ниже. При 400 мг/л поведение рыбы изменяется и возникают проблемы с рыболовством. Для осаждения мутности иногда применяют коагулянты.

По содержанию взвешенных веществ и окрашенных гумусовых соединений различают высокомутные и высокоцветные воды. Для карпового водоема прозрачные воды являются признаком малопродуктивности.

*Органические вещества.* Количество их должно быть ограничено. В притекающей воде расход  $\text{KMnO}_4$  не должен быть более 20 мг, а БПК (биологическое потребление кислорода) – не более 10 мг/л. Особую опасность представляют азотистые соединения, которые несут остатки корма, продукты обмена веществ. Токсичен недиссоциированный свободный аммиак ( $\text{NH}_3$ ), который выделяется при гидролитическом расщеплении конечного продукта распада белковых веществ – аминокислот, с возрастанием рН его токсичность усиливается. Лучше, если содержание  $\text{NH}_3$  не превышает 0,01 мг/л, а для мальков – 0,006 мг/л. Для обезвреживания его пропускают через известковые и гравийные фильтры. Продукты распада  $\text{NH}_3$  – нитраты являются конечными продуктами окисления азота и в умеренных количествах не оказывают вредного воздействия.

*Аммиак ( $\text{NH}_3$ ).* Присутствие аммиака всегда свидетельствует о загрязнении воды азотсодержащими веществами и о происхождении гнилостных процессов. Рыба выделяет его через жабры. Рост карпа останавливается при содержании 0,06 мг  $\text{NH}_3$ /л, которое задерживает рост молоди карпа. Имеется две формы аммиака: ионизированный аммиак ( $\text{NH}_3$ ) нетоксичен, неионизированный аммиак ( $\text{NH}_4$ ) токсичен. Он оказывает токсическое действие, которое резко усиливается при повышении рН. Допустимая концентрация аммиака составляет 0,1 мг/л, а для солей аммония – 0,5 мг/л. Форель гибнет при концентрации аммиака 0,3–0,4 мг/л. Для снижения концентрации аммиака применяют биофильтры.

*Аммоний ( $\text{NH}_4$ )* – наиболее токсичная форма из всех соединений неорганического азота. Он образуется в результате минерализации органических веществ гетеротрофными бактериями, а также как побочный продукт азотистого обмена гидробионтов. Считалось, что только аммиак ( $\text{NH}_3$ ) может проникать в ткани. Теперь показано, что обе эти формы способны проникать в ткани.

*Нитриты ( $\text{NO}_2$ )* накапливаются при повышенном уровне аммиака, могут вызывать окисление двухвалентного железа гемоглобина крови в трехвалентное железо метгемоглобина, неспособного переносить кислород. При этом кровь приобретает коричневатый цвет. Для лососевых порог

токсичности нитритов колеблется от 0,1 до 1 мг. При хорошей аэрации нитриты окисляются до нитратов. В морских и солоноватых водах нитриты не опасны для рыб, а в пресной воде даже в малых количествах очень опасны.

*Нитраты* ( $\text{NO}_3$ ) – продукты окисления нитритов, являются более стойкими соединениями. Нитраты становятся токсичными при концентрации 100–300 мг/л. Они способствуют развитию водорослей и паразитарных циклов. В природных водах их содержание может колебаться в зависимости от времени года от 1 до 15 мг/л и более. В пресной воде они в 2000 раз менее токсичны для чавычи и радужной форели, чем нитриты. В солоноватой воде нитраты более токсичны.

*Фосфаты* ( $\text{PO}_4$ ). Обычно их количество мало – 0,1 мг/л. Наличие их способствует развитию водорослей.

*Железо*. Патогенность железа зависит от формы и состояния. В подземных водах преобладает закисное железо. Часто в двухвалентной форме растворено в кислой и бедной кислородом (артезианской) воде. При аэрации железо выпадает в виде хлопьев, превращаясь в трехвалентное – гидроокись. Закисное железо создает благоприятные условия для развития железобактерий, которые развиваются в громадных количествах, забивая просвет в водоподающих трубах. Оно забивает у мальков жабры, способствуя их массовой гибели. Его содержание не должно превышать 1 мг/л. Для закисного железа ПДК составляет 0,1 мг/л, для окисного – не более 0,9 мг/л.

*Хлор*. Содержание его даже в количестве 0,1–0,2 мг/л при температуре 10–14°C вызывает через короткое время гибель молоди. В воде замкнутых установок не должно быть более 0,01 мг/л хлора. Форель, кижуч, канальный сом очень чувствительны к воздействию хлора. Карп относительно устойчив.

*Сероводород* ( $\text{H}_2\text{S}$ ) недопустим в прудах, в поступающей воде. Главным источником  $\text{H}_2\text{S}$  и сульфидов в поверхностных водах являются восстановительные процессы, протекающие при бактериальном разложении и биологических окислениях органических веществ, поступающих в водоем со сточными водами. Обычно сероводород не содержится в воде и быстро окисляется кислородом. Наличие его в воде свидетельствует о сильном загрязнении. Пересыщение воды азотом и кислородом вызывает газопузырьковое заболевание.

*Щелочность* определяется расходом  $\text{HCl}$  на титрование: 1 мл увеличивают в 2 раза и получают 2 мг-экв./л. Для определения количества  $\text{Ca}$  это число умножают на 28 и получают  $2 \times 28 = 56$  мг-экв./л. На 1 га пруда глубиной 1 м при щелочности 2 мг-экв./л. в воде растворяется 560 кг извести (2-28-100). Повышение щелочности усиливает гибель икры в период инкубации. Вновь построенные бассейны из бетона (цемента) должны быть хорошо промыты, иначе в них будет повышенная щелочность воды.

*Токсические вещества* ( $\text{Cl}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Hg}$  и др.). ПДК для них составляет 0,01 мг/л. Сульфат меди ( $\text{CuSO}_4$ ) вызывает повреждение жабр и гиперемиию

уже при содержании 5 мг/л. Он убивает зоопланктон, беспозвоночных, грибы, водоросли и простейшие организмы.

*Нефтепродукты* недопустимы в рыбоводных емкостях. Если они не оказывают прямого воздействия на рыбу или других гидробионтов, то придают специфический запах их мясу. Привкус обнаруживается уже при содержании нефти и керосина в концентрации 0,01–0,02 мг/л.

*Минеральные масла.* Дизельное, моторное и другие масла образуют пленку, оседают на дно. Разрушение их бактериями происходит очень медленно. Пленка затрудняет потребление кислорода, загрязняет кожный покров, забивает жабры. При попадании в кишечник минеральные масла нарушают его функционирование. Неприятный привкус масел создают ароматические углеводороды, входящие в состав этих масел. Для устранения привкуса необходимо передержать рыбу в проточной воде не менее двух суток.

*Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)* попадают с бытовыми промышленными и сельскохозяйственными сточными водами. Они нарушают слизистую оболочку жабр рыб, что способствует развитию патогенных организмов и снижению сопротивляемости рыбы, а также нарушают работу органов равновесия и обоняния. Рыбы начинают плавать на боку.

*Хлорорганические пестициды* применяют в сельском хозяйстве в качестве инсектицидов, аскарицидов, фумигантов в борьбе с вредителями зерновых, овощных и полевых культур, лесонасаждений и плодовых деревьев. Они являются производными хлормногоядерных углеводородов (ДДТ), циклопарафинов и др., очень стойки к воздействию температуры, солнца и влаги, способны накапливаться в организмах, причем продукты их распада могут быть более ядовиты.

## **2. Биотические факторы среды**

Рыбы в водоеме вступают с другими гидробионтами в различные отношения. Они возникают как между представителями одного вида (внутривидовые связи) или разных видов (межвидовые взаимосвязи), так и между рыбами и представителями других систематических групп. Многообразные связи образуются при питании (симбиоз или конкуренция, хищник и жертва, паразит и хозяин и т. д.), защите от врагов (образование стай, защита потомства).

Биотические и абиотические связи обитателей водоема тесно переплетаются между собой, в результате чего вырабатывается единство организма со средой обитания: стая (косяк), скопление (временная группировка рыб), стадо (популяция) – локальная самовоспроизводящаяся группа рыб одного вида.

Биотическими факторами, влияющими на эффективность выращивания рыбы и других гидробионтов в промышленных условиях, могут быть следующие:

- 1) монокультура;



2) поликультура (осетры, бестеры, радужная форель, судак, щука, молодь карпа);

3) каннибализм;

4) конкуренция в питании и сфере обитания (поверхность воды, толща воды, придонные слои, заросли жесткой и мягкой растительности);

5) плотность посадки, от которой зависит конечная масса карпа. Золотой карась и серебряный карась, колюшка не должны быть в пруду, так как они являются в питании конкурентами карпа;

6) кормление (естественные, искусственные, тестообразные и гранулированные корма, воздействие на питание рыб зоопланктона, фитопланктона, нектона, перифитона, детрита и бентоса);

7) жизнестойкость;

8) размерно-весовая структура стада;

9) пищевые взаимоотношения, сортировка;

10) добавочные рыбы. Дополнительное подсаживание мелких щук, судаков и окуней для разрядки мелкой сорной рыбы. Выращивание добавочных рыб, уток, гусей и др. Совместное выращивание карпа с линем, серебряным карасем, пелядью, рипусом, чудским сигом, щукой, сомом, радужной форелью, осетрами;

11) привлечение воздушного корма;

12) враги рыб – хищные рыбы, животные (норка, ондатра), птицы и пр.;

13) болезни и паразитизм (диплостомоз, аргулез, ихтиофтириоз и др.).

Таким образом, зная условия существования выращиваемых гидробионтов и их биотические взаимоотношения, можно успешно управлять биологическими процессами в рыбохозяйственных водоемах и повышать их рыбопродуктивность.

## РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСЕТРООБРАЗНЫХ РЫБ

1. Стерлядь
2. Бестер
3. Ленский (сибирский) осетр
4. Веслонос
5. Белуга
6. Калуга
7. Лжелопатоносы

### 1. Стерлядь

Высокая адаптационная пластичность осетрообразных рыб, позволяющая им обитать в различных экологических условиях естественных водоемов, является основой для развития новой отрасли рыбоводства – товарного осетроводства. Из осетрообразных рыб хозяйственное значение имеют семейства осетровых и веслоносовых (рис. 1). Семейство осетровых (Acipenseridae) содержит четыре рода: ложные лопатоносы (*Pseudoscaphirhynchus*), лопатоносы (*Scaphirhynchus*), белуги (*Huso*), осетры (*Acipenser*). В водоемах нашей страны обитает несколько видов осетровых. Все они бентофаги или хищники. Большое хозяйственное значение имеют род белуги (*Huso huso*) и осетры (*A. guldenstadti* – русский осетр, *A. stellatus* – севрюга, *A. medirostris* – сахалинский осетр, *A. baerii* Brant – сибирский осетр, *A. chrencki* Brandt – амурский осетр, *A. ruthenus* – стерлядь). Проводятся работы по воспроизводству и выращиванию калуги (*Huso dauricus*).

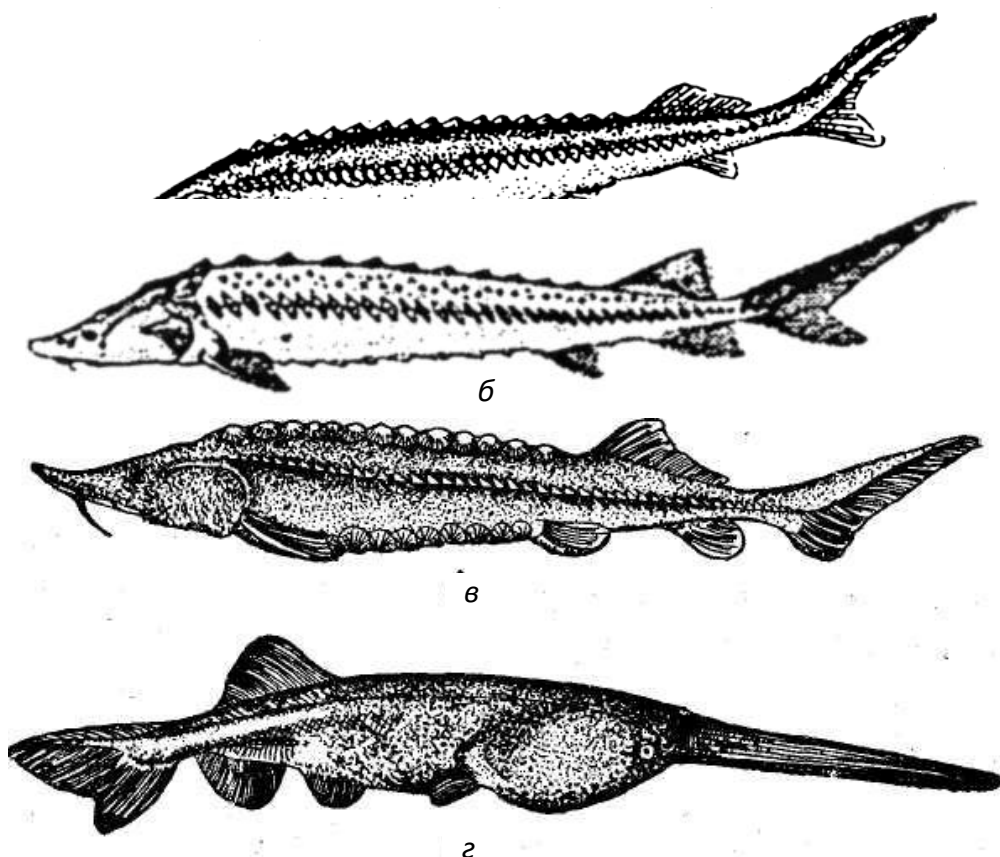


Рис. 1. Основные объекты индустриального рыбоводства из отряда осетрообразных: а – стерлядь; б – ленский осетр; в – бестер; г – веслонос

В недалеком прошлом (1977 г.) уловы осетровых только в Волго-Каспийском районе достигали 27 тыс. т, а в 1999 г. они составили лишь 0,6 тыс. т. Основная добыча проходила в Каспийском и Азовском морях. В последнее время в результате антропогенной нагрузки резко сократилась численность осетровых. При предельно низком вылове в Волге объем браконьерской добычи в 11 раз превышает его. Заводское воспроизводство остается единственным источником формирования маточного поголовья и сохранения биологического разнообразия осетровых.

В качестве объектов индустриального рыбоводства из осетровых широко используют бестера, реже – стерлядь и сибирского (ленского) осетра. Перспективным объектом является веслонос.

**Стерлядь** (*Acipenser ruthenus* Linne). Пресноводная рыба, распространенная в бассейнах Каспийского, Черного, меньше – Балтийского морей, в реках Севера, особенно в Северной Двине; в сибирских реках: Оби, Енисее, Иртыше. Половой зрелости самцы достигают в возрасте 3–7 лет, самки – 5–12 лет. Абсолютная плодовитость составляет от 3,9 до 137,6 тыс. икринок, рабочая – 30 тыс. икринок. Нерест происходит весной с конца апреля до июня при температуре воды от 7–10° до 20°С. Литофил (живут в щелях и порах осадочных, вулканических пород на глубине нескольких километров). Икра клейкая, диаметром 1,9–2 мм. Инкубационный период длится 4–5 суток. Желток у предличинок рассасывается в зависимости от температуры в течение 6–10 суток. Пищу стерляди составляют водные личинки насекомых.

При выращивании в прудах, богатых естественной пищей и с хорошим кислородным режимом, стерлядь достигает половой зрелости, но не нерестится. Зрелые половые продукты у производителей стерляди можно получить путем гипофизарных инъекций.

При выращивании в прудах сеголетки достигают массы 15 г и более, товарные двухлетки – 250–300 г. Стерлядь можно выращивать совместно с растительными рыбами и карпом, а также в монокультуре.

## 2. Бестер

**Бестер** (гибрид белуги и стерляди). Перспективный объект для разведения и выращивания в условиях индустриального рыбоводства, обладает большими потенциальными возможностями роста, унаследованными от родителей. Создание плодовитого межродового гибрида осетровых, отличающегося высоким темпом роста, открыло новые перспективы для интенсивного выращивания осетровых. Благодаря сочетанию свойств проходной белуги с пресноводной стерлядью гибрид отличается широким диапазоном экологической приспособляемости. Он

хорошо переносит условия как пресных, так и солоноватых водоемов.

Бестер унаследовал от белуги хищные инстинкты, быстрый рост и высокие пищевые потребности, лежащие в основе сравнительно легкого приучения его к неживым кормам (рыбному фаршу). От стерляди бестер унаследовал способность к раннему половому созреванию. Самцы стерляди созревают в возрасте 3–4 лет, самки – 6–8 лет, тогда как самцы белуги достигают половой зрелости в 12, самки – в 16 лет.

За первое лето масса гибридов достигает 50–100 г. Двухлетки весят 800 г и более. При выращивании в прудах совместно с карпом стандартная масса сеголетков составляет 25–30 г, двухлетков – 450–500 г. Бестер хорошо растет в пресных водоемах и в солоноватой воде, обладает повышенной выносливостью, приспособленностью к широкому диапазону условий внешней среды. Интенсивный рост его наблюдается при температуре воды 20–25°C. Молодь, сеголетки и двухлетки гибрида питаются планктоном и бентосом, в основном тендипедами (личинка комаров), а в более старшем возрасте гибрид питается рыбой.

От стерляди гибриды унаследовали раннее половое созревание: самцы созревают в возрастет трех–семи лет, самки – шести–восми лет. Рабочая плодовитость самок составляет 200–800 тыс. шт. икринок. Зрелых производителей получают путем гипофизарных инъекций весной при температуре 9–10°C. Инкубационный период развития эмбриона длится 9 суток при температуре воды 10–12°C. Полное рассасывание желточного мешка происходит за 6–10 суток.

Бестер не только хорошо растет, но и созревает в условиях пресноводных водоемов. Выращивают бестера в водоемах разного типа при различных температурах. Нецелесообразно его выращивание в северных районах, где при низких температурах воды рост гибрида сильно замедляется. Получены положительные результаты при садковом выращивании бестера в солоноватых водах, где рыбопродукция составила 7 кг/м<sup>2</sup>. В основе разработки вопросов, связанных с биотехникой товарного осетроводства, большое значение приобретают исследования по разработке кормовых рационов. В опытах по кормлению молоди бестера зоопланктоном, олигохетами и одновременно зоопланктоном и олигохетами в отношении 1 : 1 наибольший среднесуточный прирост массы тела оказался при кормлении смешанным рационом. В питании двухлеток бестера доминирующее место занимают бентические организмы. При слабом развитии в прудах донной фауны и интенсивном выращивании бестера необходимо использовать дополнительные корма животного происхождения. Перевод молоди рыб на искусственный корм следует проводить постепенно. Перевод бестера на искусственные корма с постепенным сокращением доли живых кормов повышает его выживаемость.

Совместно с бестером в нагульных прудах южных районов рекомендуется выращивать растительноядных рыб, а в средней полосе и северных районах – пелядь и рипуса.

Бестер – основной объект товарного осетроводства.

Рыбопродуктивность по сеголеткам бестера доходит до 1,5 т/га, по двухлеткам – до 10 т/га, по трехлеткам – до 15 т/га.

### 3. Ленский (сибирский) осетр

*Ленский (сибирский) осетр* (*Acipenser baeri* Brandt). Пресноводная рыба, обитающая в реке Лена, больших миграций не совершает. Имеет широкий спектр питания: личинки насекомых, моллюски, черви, рыба. Питается круглый год. Половой зрелости достигает в возрасте 10–12 лет. Абсолютная плодовитость составляет от 16 до 110 тыс. икринок. Нерест проходит в июне–июле при температуре воды 14–18°C. Икру откладывает на каменисто-галечный грунт на течении. В искусственных условиях самцы становятся половозрелыми в возрасте 3–4 лет, самки – 6–7 лет. В настоящее время созданы маточные стада на теплых водах Конаковского рыбзавода (Тверская область), на Волгореченском (Костромская область) и Нарвском (Эстонская ССР) рыбзаводах.

Сеголетки ленского осетра при выращивании в прудах с естественным термическим режимом достигают массы 7–75 г, в теплых водах – 100 г. В садках Пяловского водохранилища (Московская область) пятигодовики имели массу 2 кг. В прудах Калининградской области четырехгодовики достигали массы 1–2 кг.

### 4. Веслонос

*Веслонос* *Polyodon spathula* Walb. (сем. *Polyodontidae*). Крупная, быстрорастущая рыба, завезенная в СССР в 1974 г. из США. Веслонос – пресноводный вид. В Северной Америке он населяет бассейны рек Миссисипи и Алабамы, Миссисипи и Миссури, а также озера, связанные с Мссисипи, и другие реки, впадающие в Мексиканский залив. Веслонос – быстрорастущая рыба, достигающая длины более 2 м и массы свыше 70 кг. Половозрелым становится в возрасте 7–10 лет. Половой диморфизм выражен у веслоноса слабо.

Этот вид перспективен для акклиматизации в водоемах, богатых зоопланктоном, а также для прудового товарного выращивания в поликультуре с другими видами рыб. Веслоносы показали себя эвритермными организмами. В Московской области двухлетки достигают массы более 1,2 кг. Это свидетельствует о том, что потенциальный ареал веслоноса в нашей стране может быть весьма широким. В 1984 г. в нашей стране впервые было получено потомство веслоноса.

Веслонос – единственный среди осетрообразных планктофаг. Его питание осуществляется через систему многочисленных длинных жаберных тычинок путем пассивной фильтрации корма из воды, поступающей к жабрам при напорной вентиляции. По спектру питания близок к пестрому толстолобику. Наряду с фильтрацией пищи веслонос способен и к активному захвату кормовых объектов (например, мелкой рыбы), что существенно расширяет спектр его питания.

Половой зрелости самцы достигают в возрасте 7–14 лет, самки – 6 лет.

Миграция к местам нереста наблюдается при температуре воды 10–11°C. Нерест происходит в апреле–мае на участках рек с сильным течением и галечным грунтом на глубине 2–12 м при температуре воды 13–16°C. Икра откладывается на песчано-галечниковый грунт. Длительность эмбрионального развития при температуре воды 14–24°C составляет 170–260 ч.

При выращивании в прудах Краснодарского края сеголетки весло-носа достигали массы 670 г, двухлетки – 3–4 кг, пятилетки – 7–8 кг. В Московской области двухлетки веслоноса имели массу 0,9 кг, семилетки – 6,5 кг. При выращивании в прудах веслонос достигает половой зрелости и может быть использован для искусственного разведения. Впервые в мировой практике рыбоводства было получено потомство от производителей веслоноса, выращенных в прудах.

Мясо и икра веслоноса обладают отличным вкусом. При выращивании в прудах в поликультуре с растительноядными рыбами и буффало в достаточно жестких условиях веслонос обнаружил высокую потенцию роста: сеголетки достигают массы от 150 до 900 г, двухлетки – 2,5–3,0 кг, трехлетки – 4,0–5,0 кг, пятилетки – до 8,5 кг.

## 5. Белуга

*Белуга (Huso Brandt)* – проходная рыба. Одна из самых крупных рыб, достигает свыше 5 м длины и более 1000 кг веса. Нерест наблюдается весной и осенью, на глубоких местах с быстрым течением. Икра донная прилипающая. Плодовитость в зависимости от размера самок колеблется от 200 тыс. до 8 млн. икринок. После нереста взрослые, а также выклюнувшиеся из икры мальки скатываются в море. Половозрелыми становятся очень поздно: самцы – не ранее 12-14 лет, самки – к 16-18 годам. Интервал между нерестом одной и той же особи составляет несколько лет. Питается рыбой (вобла, хамса, бычки, сельдь), молодь – донными беспозвоночными. Одна из наиболее долгоживущих рыб, достигает возраста 100 лет и более.

## 6. Калуга

*Калуга (Huso dauricus)* является эндемиком системы р. Амур, встречается в реке и крупных больших притоках, озерах. По внешнему виду похожа на белугу, отличается от нее меньшим числом лучей в спинном плавнике, значительно большим ртом и наиболее крупной первой жучкой в спинном ряду. Окраска серовато-зеленоватая, брюхо белое. Очень крупная рыба, достигает длины более 4 м и массы 800 – 1000 кг, растет медленнее белуги. Половозрелой становится в возрасте 18-20 лет, при длине 230 см и весе 80 кг. Нерест на глубоких местах с быстрым течением, на галечном и каменистом грунте. Плодовитость колеблется от 660 тыс. до 4 млн. икринок. Икра крупная 3,6 – 4 мм в диаметре, клейкая. Молодь после выклева сносится вниз по течению. Промежуток между нерестом у одной и той же особи не менее 3-4 лет. Взрослая рыба – хищник (питается пескарями,

сазаном, толстолобиком), пищу молоди составляют донные беспозвоночные (личинки насекомых, ракообразные). Достигает возраста 50 лет.

### **7. Лжелопатоносы**

*Род Американские лопатоносы* обитают в бассейнах рек Северной Америки представлены тремя видами.

*Род Лжелопатоносы* в отличие от Американских лопатоносов имеют более короткое, не покрытое сплошь костными пластинками тело, бывают трех видов: два водились в бассейне р. Амударьи, один в бассейне р. Сырдарьи. Современное состояние популяций неизвестно. Рыло широкое, уплощенное, лопатообразное, с острыми краями. На конце рыла от 1 до 9 острых шипов. По 2 острых шипа между глазами и на затылке. Верхняя лопасть хвостового плавника заканчивается длинной нитью. Тело между рядами жучек покрыто костными зернышками. Рот большой, глаза очень маленькие. Длина без хвостовой нити до 60 см и вес до 1 кг. Пресноводная рыба, держится в русле реки, в местах с песчаным дном. Половой зрелости достигает при длине около 25 см, в возрасте 6 – 7 лет самцы и 7 – 8 лет самки. Нерест в апреле. Плодовитость 1000-1900 икринок, диаметром 1,9-2,4 мм. Молодь после выклева скатывается в нижние участки реки. Питается водными личинками насекомых, икрой и молодью рыб. Особи старше 10 лет встречаются очень редко.

## Тема 4

# ТИПОВОЙ СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- 1.Классификация УЗВ
- 2.Устройство УЗВ
- 3.Критерии оценки УЗВ
- 4.Преимущества УЗВ

### 1.Классификация УЗВ

Аквакультура в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), по сути, является технологией для выращивания рыб или других водных организмов с повторным использованием воды для целей производства. Данная технология основана на применении механических и биологических фильтров и, в сущности, может использоваться для выращивания любых объектов аквакультуры.

Все рыбоводные установки могут быть классифицированы по целому ряду признаков: степени рециркуляции, назначению, объему воды в системе, температуре воды, солености, виды выращиваемых гидробионтов.

В.В. Лавровским предложена классификация рыбоводных систем с оборотным водоснабжением по степени рециркуляции. Согласно этой классификации все системы делятся на четыре типа:

1. без очистки и улучшения качества воды;
2. без биологической очистки воды, но с улучшением ее качества путем терморегуляции, аэрации, удаления взвесей;
3. с терморегуляцией, аэрацией, механической и биологической очисткой воды;
4. наличие в установке, помимо перечисленных выше способов регенерации воды, денитрификации, и подпитки свежей водой не превышающее 5 % общего объема системы в сутки.

Исходя из приведенной классификации, только последний тип можно отнести к установкам замкнутого водоснабжения, а все остальные группы к системам оборотного водоиспользования. Однако, сокращение «УЗВ» прочно закрепилось за всеми перечисленными выше типами циркуляционных систем.

### 2.Устройство УЗВ

Замкнутые рыбоводные установки обеспечивают выращивание рыбы при незначительной подпитке их свежей водой на уровне не ниже 3 % от объема воды в установке за сутки. Такой тип установки более всего отвечает требованиям практики рыбоводства.

В типовой состав оборудования УЗВ входят следующие элементы:

*Бассейн с рыбой.* На вход бассейна подается чистая, насыщенная кислородом вода, а на выходе из бассейна стекает вода, загрязненная



продуктами жизнедеятельности рыб, содержание кислорода в которой понижено вследствие его потребления рыбой. Степень загрязненности воды на выходе из бассейна связана с величиной корма, задаваемого рыбам.

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 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, большой объем воды является более благоприятным и эффективность их выращивания бывает выше при большей скорости течения воды.

В круглом бассейне или квадратном бассейне со срезанными углами, 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, получают 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 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 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.

*Механический фильтр 1.* Служит для удаления из воды взвесей, поступающих из бассейна с рыбой (фекалии, чешуя, погибшие животные и т. п.).

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 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. 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 обработка* воды представляет собой многоступенчатый процесс преобразования органических соединений в нетоксичные продукты, безопасные для рыбы. Процесс выполняется аэробными бактериями, потребляющими значительное количество кислорода, и сопровождается образованием биомассы бактерий и изменением рН- воды.

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 ( $\text{NH}_3$ ) 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 рН в системе.

Для достижения приемлемой скорости нитрификации температура воды должна быть в пределах 10–35°C (оптимально около 30°C), а уровень рН – 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 рН согласно эффективности биофильтра, поскольку малые уровни рН снижают эффективность биофильтрации. Таким образом, для достижения высокой скорости бактериальной нитрификации, рН должен удерживаться выше 7. С другой стороны, более высокий рН приводит к постоянно растущему количеству свободного аммиака ( $\text{NH}_3$ ), что увеличивает токсичный эффект. Итак, необходимо найти равновесие между этими двумя противоположными целями регулирования рН. Рекомендуемая точка находится между рН 7,0 и рН 7,5. Значение рН в водоочистной системе определяется следующими основными факторами:

- углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), произведённый рыбами и за счет биологической активности в биофилтре;
- кислота, произведенная в ходе процесса нитрификации  $\text{CO}_2$  удаляется с помощью аэрации воды, причем на данном этапе также происходит дегазация.

В процессе нитрификации образуется кислота ( $\text{H}^+$ ), 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 и аммония (общий аммонийный азот (TAN) = аммоний ( $\text{NH}_4^+$ ) + аммиак ( $\text{NH}_3$ )); основную часть этих выделений составляет аммиак. Однако количество аммиака в воде зависит от значения pH.

Как правило, аммиак токсичен для рыб при уровнях выше 0,02 мг/л. 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 ( $\text{NO}_2^-$ ) 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 используется меньше чем 300 литров воды на килограмм внесенного корма, 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 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 ( $\text{H}_2\text{S}$ ), 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 биофильтре площадь поверхности на единицу объема должна быть как можно больше, однако биофильтр не должен быть наполнен слишком плотно, чтобы не забиться органическим веществом в процессе эксплуатации. Поэтому важно иметь высокий процент свободного пространства, через которое может протекать вода, а также хорошее течение через биофильтр и подходящую процедуру обратной промывки. Подобные процедуры обратной промывки должны применяться через подходящие промежутки времени, раз в неделю или месяц, в зависимости от нагрузки на фильтр.

Сжатый воздух используется для создания в фильтре турбуленции, 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 пристаю к бактериальной пленке. Поэтому фильтры с неподвижной загрузкой также функционируют как блоки для тонкой механической фильтрации, удаляющие органический материал микроскопического размера и очищающие воду очень эффективно.

В фильтрах с плавающей загрузкой невозможно достичь подобного эффекта, поскольку постоянная турбулентция 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.

*Механический фильтр 2* предназначен для задержания частиц биологической пленки, образующейся в процессе биологической очистки воды из блока биологической очистки с током воды.

*Накопительная емкость* выполняет в установке ряд функций, главными из которых являются обеспечение питания насоса и удаление избытка воды в установке через перелив. Вспомогательные функции: подпитка свежей водой, дегазация воды после биологической очистки, добавка реагентов, корректирующих гидрохимические параметры воды (например, pH). Вспомогательные функции могут быть реализованы другими элементами установки.

*Насос* обеспечивает бесперебойную циркуляцию воды в установке. С помощью насоса обеспечивается проток воды через все элементы системы, обладающие гидравлическим сопротивлением. В зависимости от конструктивных особенностей установки в ней может быть два и более контуров циркуляции.

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

*Температурная коррекция* обеспечивает комфортные температуры, оптимальные для выращивания рыбы. Как правило, коррекция предусматривает подогрев воды. Однако для решения ряда рыбоводных задач требуется охлаждение воды. Например, охлаждение воды с целью задержки нереста. Не исключено, что в районах с достаточно жарким, континентальным летом потребуются охлаждение циркулирующей воды с целью предотвращения гибели рыбы из-за перегрева.

*Бактерицидная обработка* предназначена для снижения уровня бактериального загрязнения циркулирующей воды, возникающего при высоких биологических нагрузках в установке. При низких и средних нагрузках бактерицидная обработка, как правило, не применяется. Высокая бактериальная загрязненность может быть определена визуально, так как

вода из-за находящихся в ней бактерий теряет прозрачность и становится мутной.

*Насыщение кислородом* - один из главных, не исключаемых элементов замкнутой установки, так как все биологические процессы в установке идут при значительном потреблении кислорода. Он расходуется как на дыхание рыб, так и на осуществление окислительных процессов при биологической обработке. Аппараты для насыщения воды кислородом могут быть разделены: один устанавливается перед подачей воды в бассейн, а другой - перед подачей воды на биологическую фильтрацию. В некоторых замкнутых установках аппарат насыщения воды кислородом и насос конструктивно объединены устройством эрлифт.

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 биофильтре 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 часто подается в бассейны в форме жидкого кислорода, но также может производиться в 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.

### **3.Критерии оценки УЗВ**

Лавровским В.В. разработана система сравнительной оценки надежности работы действующих и разрабатываемых установок, оцениваемая в баллах. При этом предложены два основных критерия:

1. Продолжительность существования рыбы в бассейнах системы в случае прекращения подачи электроэнергии или остановки циркуляционных насосов из-за поломки. Существование может быть обеспечено резервным подключением к электроисточнику, наличием электрогенератора, запасного оборудования подачи сжатого воздуха или кислорода непосредственно в рыбоводные емкости, некоторые другие факторы. При этом каждые 10 минут существования рыбы в системе оценивается как +1 балл.

2. Наличие в системе оборудования, которое может выходить из строя в период эксплуатации. При этом наиболее уязвимы механизмы и аппараты, снабженные электромоторами, движущимися частями и механизмами. Автором предложено оценить - 1 баллом наличие каждого устройства, поломка которого может коренным образом сказаться на работе системы. Соответственно + 1 баллом оценивается наличие дублирующих устройств. Если в системе имеется поломка, которая может привести к постепенному ухудшению работы системы без ее полной остановки (например, ультрафиолетовый излучатель), то его наличие оценивается – 0,5 балла.

Еще одна система оценки эффективности работы циркуляционной установки предложена специалистами рыбоводного хозяйства:

1. максимальное и рабочее отношение массы рыбы (ихтиомассы) к общему объему воды в установке;
2. расход ресурсов (электроэнергии, кислорода, свежей воды) на 1 тонну выращенной рыбы или удельные затраты в натуральном выражении;
3. себестоимость выращенной рыбопродукции;
4. технологичность (наличие единиц оборудования в технологической схеме, сложность конструкции установки);
5. промышленная применимость.

Себестоимость выращенной продукции включает в себя целый ряд показателей, независимых от конструктивных особенностей установок: зарплата персонала, стоимость кормов, посадочного материала, транспортные, амортизационные и прочие затраты. Тарифы на ресурсы также значительно различаются по регионам.

Показатель технологичности не может быть выражен конкретной величиной, а значит, достаточно субъективен, также как показатель промышленной применимости.

Для объективного сравнения эффективности создаваемых установок желательно привести их эксплуатацию к неким единым условиям. В тепловодных УЗВ такими условиями можно считать 100 кг товарного карпа на 1 м<sup>3</sup> бассейна при одинаковых температурах воды и кормлении. При этом для сравнительной оценки эффективности работы различных типов действующих установок, следует определять одновременно несколько показателей:

- соотношение объемов рыбоводных бассейнов и сооружений водоподготовки как основной критерий эффективности работы сооружений водоподготовки в составе УЗВ (чем ниже соотношение, тем дешевле установка);



- количество подпиточных вод, в процентах от общего объема системы в сутки (однако, уменьшение объема аппаратов водоочистки, также как и снижение расхода воды, не являются самоцелью и не должны быть в ущерб качеству очищаемой оборотной жидкости);
- соотношение массы рыбы и объема воды в установке (удельная ихтиомасса) в конце технологического цикла выращивания;
- показатели качества оборотной воды после сооружений водоочистки по аммонии, нитратам и нитритам.

Только комплексная сравнительная оценка установок одновременно по всем показателям может дать достоверные результаты.

#### 4.Преимущества УЗВ

В настоящее время основную часть рыбы выращивают в прудах, где земля является естественной основой производства, важнейшим элементом биологического процесса. В индустриальном рыбоводстве (садки, бассейны) естественные свойства земли как элемента самого производства утрачивают свое значение. Кроме того, выращивание рыбы в прудах, садках, бассейнах зависит от внешних факторов среды. Производство рыбы в прудах требует достаточно больших расходов воды – до 30 тыс.м<sup>3</sup>, а в бассейнах – до 10 тыс.м<sup>3</sup> на 1 т рыбы.

При выращивании рыбы в бассейнах при плотности 100 кг/м<sup>3</sup> и более возникает необходимость ее очистки перед сбросом в водоемы. Все это приводит к тому, что лимитирующими факторами в увеличении производства рыбы выступают земля, вода и окружающая среда. Новым направлением в индустриальном рыбоводстве становится выращивание рыбы в условиях с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ), представляющее принципиально новую форму связи между производством рыбы и окружающей средой. В УЗВ вода, выходящая из рыбоводных емкостей, проходит очистку, насыщается кислородом и возвращается обратно. При этом лимитирующие факторы производства рыбы утрачивают свое значение. Остается один – корма соответствующего качества.

Выращивание рыбы в УЗВ в отличие от традиционных методов рыбоводства обеспечивает круглогодичное производство, значительную рыбопродуктивность (от 0,3 до 1 т/м<sup>3</sup> в год) при затратах воды от 0,1 до 0,2 тыс.м<sup>3</sup> в год на 1 т, сводит до минимума потери комбикормов, поддается механизации вплоть до полной автоматизации всех процессов, позволяет создавать как крупные рыбоводные комплексы, так и отдельные установки, которые могут быть использованы в условиях любых производств в виде подсобных хозяйств для получения товарной рыбной продукции. Кроме того, производство находится непосредственно в местах потребления, что исключает транспортные расходы на большие расстояния. Именно эти предпосылки вызвали интерес к выращиванию рыбы в УЗВ в последнее время во всем мире.

Следует отметить, что отходы выращивания рыбы из УЗВ можно улавливать и использовать в виде удобрений или дополнительных

компонентов корма, а не выбрасывать как обычно в канализацию или в водоемы, что способствует их постоянной эвтрофикации, т.е. открывает путь к безотходному производству продукции. Таким образом, эксплуатация УЗВ открывает путь к безотходному производству рыбной продукции.