

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**Е. И. Хрусталеv, О. Е. Гончаренoк, А. Б. Дельмухаметoв**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
АКВАКУЛЬТУРЫ**

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов,  
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки  
35.04.07 Водные биоресурсы и аквакультура

Калининград  
2023

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФБОУ ВО «КГТУ» Е.А. Масюткина

**Хрусталеv, Е. И.**

Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры: учеб.-методич. пособие по лабораторным работам для студ. магистратуры по напр. подгот. 35.04.07 Водные биоресурсы и аквакультура / **Е. И. Хрусталеv, О. Е. Гончаренок, А. Б. Дельмухаметов.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 34 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по проведению цикла лабораторных работ по дисциплине «Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры». Представлены учебно-методические материалы по выполнению лабораторных работ, включающие подробный план по каждой изучаемой теме, контрольные вопросы, список рекомендованной литературы.

Табл. 1, список лит. – 4 наименования

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по лабораторным работам. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 11 мая 2023 г., протокол № 13

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.....	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.....	14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.....	25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.....	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	32
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 35.04.07 Водные биоресурсы и аквакультура (для очной формы обучения) по дисциплине «Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры».

Дисциплина «Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры» относится к блоку 1 обязательной части.

Дисциплина «Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры» формирует у учащихся готовность к разработке и оптимизации технологических процессов в аквакультуре.

Целью освоения дисциплины является формирование более глубоких теоретических и практических знаний, умений и компетенций по истории мировой и отечественной аквакультуры, проблемам современного этапа развития аквакультуры, решение которых определяет перспективы ее развития, основным практическим навыкам управления рыбоводными системами.

Задачи изучения дисциплины:

1. Освоение знаний по перспективам развития новых направлений аквакультуры; по биотехническим параметрам полициклических и комбинированных технологий; по принципу работы, конструктивным и техническим характеристикам средств водоподготовки; по особенностям региональной аквакультуры, состоянию рынка продукции аквакультуры, выбора объектов региональной аквакультуры;

2. Формирование навыков установления и поддержания оптимальных параметров абиотических факторов водной среды; работы с приборами по контролю параметров водной среды; оценки приемной емкости экосистем рыбохозяйственных водоемов во вселяемом посадочном материале рыб; по обоснованию выбора и эффективности применения различных видов кормов для различных видов рыб; по расчету экономической эффективности отдельных предприятий аквакультуры.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

количественные и качественные стороны мировой и отечественной аквакультуры; тенденции развития аквакультуры на мировой, федеральном, региональном уровнях;

современные методы и способы выращивания объектов аквакультуры;

методы оптимизации среды выращивания рыб; моно- и полициклические технологии выращивания рыб;

методы и способы ускорения роста, повышения жизнестойкости, сокращение сроков выращивания посадочного материала и товарной рыбы, увеличения выхода рыбопродукции с единицы площади (объема) рыбоводных систем;

методы и способы управления репродуктивными циклами рыб, ориентирующие на существенное увеличение производства посадочного материала в необходимые сроки; методы расчета приемной емкости экосистем рыбохозяйственных водоемов в зарыбляемой молоди ценных видов рыб;

технические средства, обеспечивающие эффективную водоподготовку в различных типах рыбоводных систем; комбинированные технологии выращивания рыб; принципы выбора рецептов стартовых, продукционных и кормов для производителей для различных объектов аквакультуры;

методы и способы контроля качества воды в рыбоводных системах; методы и способы кормления рыб; методы расчета потребляемой энергии техническими узлами рыбоводных систем и пути оптимизации использования тепловой и электрической энергии; региональные природно-климатические условия, состав и структуру водоисточников, потенциально пригодных для целей аквакультуры; методы оценки приемной емкости потребительского регионального рынка рыбной продукции и перспективы его роста; основы разработки рыбоводно-биологических обоснований искусственного воспроизводства;

товарного выращивания объектов аквакультуры; методы оценки экономической эффективности различных типов рыбоводных предприятий;

**Уметь:**

применять полученные знания и навыки в научной, образовательной и производственной сферах деятельности в области аквакультуры;

обосновать технологическую и экологическую составляющие в ходе разработки проектно-сметной документации предприятий аквакультуры;

применять при ведении научной и производственной деятельности методы и способы управления процессами разведения и выращивания объектов аквакультуры;

самостоятельно проводить экспериментальные работы, контролировать и регулировать технологические процессы в различных типах рыбоводных предприятий;

**Владеть:**

методами и способами управления процессами разведения и выращивания рыбы;

моно- и полициклическими и комбинированными технологиями разведения и выращивания рыбы;

методами расчета приемной емкости рыбоводных систем в посадочном материале; методикой разработки рыбоводно-биологических обоснований искусственного воспроизводства и товарного выращивания.

Дисциплина «Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры» опирается на компетенции, знания, умения и навыки обучающихся, полученные на предыдущем уровне образования, при освоении программы бакалавриата.

Дисциплина «Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры» является базой при изучении таких дисциплин как «Пастбищная аквакультура», «Товарное рыбоводство (магистерский курс)», «Выращивание гидробиоптов в УЗВ», «Индустриальное рыбоводство», а также практик «Научно-исследовательская работа» и «Технологическая практика».

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется через систему тестирования. Тестовые задания используются для оценки освоения всех тем

дисциплины студентами очной и заочной формы обучения. Тесты сформированы на основе материалов лекций и вопросов рассмотренных в рамках лабораторных занятий. Тестирование обучающихся проводится на лабораторных занятиях (в течение 10-15 минут, в зависимости от уровня сложности материала) после рассмотрения на лекциях соответствующих тем. Тестирование проводится с помощью компьютерной программы Indigo (база тестов располагается на сервере кафедры).

Положительная оценка («отлично», «хорошо» или «удовлетворительно») выставляется программой автоматически, в зависимости от количества правильных ответов.

Градация оценок:

- «отлично» - свыше 85 %

- «хорошо» - более 75 %, но не выше 85 %

- «удовлетворительно» - свыше 65%, но не более 75 %

Промежуточная аттестация по дисциплине предусмотрена в виде: очная форма, первый семестр – зачет с оценкой.

Система оценивания результатов обучения при промежуточной аттестации включает в себя системы оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» (табл.).

Таблица – Система оценок и критерии выставления оценки

Критерий	Оценка			
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
Работа с информацией	Не в состоянии найти необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи

Критерий	Оценка			
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Учебно-методическое пособие состоит из:

введения, где указаны: шифр, наименование направления подготовки (специальности); дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цель и планируемые результаты освоения дисциплины; место дисциплины в структуре ОПОП ВО; виды текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки (отметки); форма проведения промежуточной аттестации; условия допуска к экзамену, критерии и нормы оценки (текущей и промежуточной аттестации);

основной части, которая содержит методические рекомендации к каждой лабораторной работе;

заклучения;

списка рекомендованных источников.

## **Лабораторная работа № 1**

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАСКРЫТИЕ РОСТОВОЙ И АДАПТОГЕННОЙ ПОТЕНЦИИ РЫБ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УЗВ: СБОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УЗВ, ПОДБОР ЗАГРУЗКИ БИОФИЛЬТРА, ЗАПУСК БИОФИЛЬТРА**

*Цель работы:* получить навыки определения конструктивных элементов (технических блоков) экспериментальной УЗВ, запуска и выбора загрузки биофильтра.

*Материал и оборудование:*

- 1) рыбоводные емкости (аквариумы, бассейны, лотки);
- 2) компрессоры, распылители;
- 3) эрлифты, переливные трубки;
- 4) загрузка биофильтра различного типа;
- 5) дезинфицирующие средства и хоз. инвентарь;
- 6) учебник по дисциплине, справочная литература.

*Задание:*

- 1) пользуясь методическими указаниями и рекомендованной литературой, изучить и законспектировать основные конструктивные особенности УЗВ;
- 2) собрать, подготовить и ввести в эксплуатационный режим экспериментальную УЗВ;
- 3) осуществить запуск биофильтра по двум схемам;
- 4) сделать вывод и ответить на вопросы для самопроверки.

*Порядок выполнения работы*

Оформление лабораторных работ осуществляется в соответствующей тетради. Записывают дату, номер лабораторной работы, тему и цель. После строки «Ход работы» поэтапно описывается выполнение работы (согласно заданию).

1. Внимательно изучить и законспектировать основные конструктивные особенности УЗВ: блок терморегуляции, оксигенации, механической и биологической очистки, ультрафиолетового устройства и рыбоводных емкостей. Для этого можно использовать данное методическое пособие и учебник по дисциплине. Изучая конструктивные особенности установок замкнутого водообеспечения (УЗВ), необходимо учитывать то, что они являются искусственными экосистемами, в которых в ускоренном режиме воспроизводятся процессы преобразования продуктов метаболизма, выделяемых рыбами, в мало- и нетоксичные формы. В результате в УЗВ создаются условия, обеспечивающие раскрытие ростовой и адаптогенной потенции у выращиваемых рыб. Причем, на более высоком уровне, чем в рыбоводных системах с естественной термикой (прудовые, озерные, проточные бассейновые хозяйства) или изме-



ненным температурным режимом (хозяйства на сбросных теплых водах). Это связано с тем, что в УЗВ в течение любого периода или года устанавливается тот температурный режим, который обеспечивает достижение в краткие сроки цели выращивания рыб.

Выбирая способ подогрева или охлаждения воды в УЗВ, необходимо учесть тот факт, что в начальный период развития нового направления аквакультуры, связанного с использованием в качестве материально-технической базы УЗВ, поддержание определенной температуры воды достигалось путем подогрева или охлаждения воды в специальных устройствах с трубами, через которые нагнетались тепловые носители (горячая вода, пар) или хладагенты (фреоны).

Еще одним вариантом подогрева циркулирующей или поступающей из внешнего источника подпиточной воды было использование электротенов.

Однако последующая практика решения проблемы поддержания определенной температуры воды в УЗВ пришла к единому решению – регулировка температуры циркулирующей воды осуществляется через контакт с воздухом в помещении, где расположена УЗВ. Непосредственное воздействие тепло- или хладагентом на воду остается только на трассе подачи подпиточной воды к УЗВ.

При этом практика показывает, что при величине подпитки воды 10-20% в сутки и разнице в температуре воды подпиточной и циркулирующей до 10°C, а также времени подмены воды 2-4 часа, падение или повышение температуры воды в УЗВ не превысит 1-1,5°C. Что, в принципе, не вызовет стрессового воздействия на рыб и организмы биофильтра. Поэтому в этом случае нет необходимости установки устройств подогрева или охлаждения воды на трассе подачи подпиточной воды.

В связи с тем, что температура воды в жизни гидробионтов является фактором, определяющим их развитие и рост, то следует выделять значение содержания в воде кислорода. Ему отводится роль основного фактора, лимитирующего развитие и рост рыб.

Выбирая способ насыщения воды кислородом, необходимо исходить из технических возможностей, а также учитывать, что общим свойством для оксигенаторов является насыщение кислородом технологической воды, поступающей в них. Давление, которое обеспечивает насыщение воды кислородом до 300-400 %, составляет, как правило, от 2 до 4 бар. Практика использования напорных оксигенаторов показывает, что целесообразный объем пространства, заключенного в них, составляет около 1/100 части общего объема, циркулирующей в УЗВ воды.

Разделяя оксигенаторы на напорные и безнапорные, следует учитывать, что у первых давление подаваемой в них воды обеспечивает насос. У вторых – превышение места забора технологической воды над оксигенатором, не менее 4-6 м. Чем меньше будет расстояние между уровнем выхода воды из распределительной емкости и верхушки конуса оксигенатора, тем меньше будет степень насыщения выходящей из оксигенатора воды кислородом.

Определяясь со способом механической фильтрации воды, выходящей из бассейнов, учитывают, что содержание в циркулирующей воде аммиака, аммония, нитритов и нитратов является следующим лимитирующим фактором в УЗВ. Рыбы до 90% метаболического азота в виде аммиака выделяют в водорастворимой форме, в основном через жабры, лишь около 10 % в составе экскрементов. Метаболический фосфор в основном содержится в составе экскрементов. В связи с этим подчеркивается важная роль механической фильтрации воды, выходящей из бассейнов. Помимо экскрементов в ней содержится слизь, чешуя, взвешенные органические частицы: отрывающаяся с поверхности стенок, дна бассейнов, трубопроводов биопленка, образующиеся укрупненные органические фрагменты как результат процесса фолликулизации. Задача механического фильтра – максимально уловить(отделить) и вывести из УЗВ указанные выше органические частицы.

Существует постулат: 90 % успеха в работе биофильтра достигается за счет эффективной работы механического фильтра. Выбор типа механического фильтра зависит от объема циркулирующей в установке воды. Для УЗВ можно использовать несколько разновидностей механических фильтров:

- механический фильтр (треугольный) с наклонной стабильно сеткой, с ячейей не менее 0,3 мм;
- барабанный фильтр с ячейей сетного полотна от 30 до 120 микрон;
- дисковый фильтр с ячейей сетного полотна от 20 до 110 микрон.

Первый тип механического фильтра, как правило, устанавливают в относительно небольших по объему циркулирующей воды (до 50-100 м<sup>3</sup>/ч) УЗВ. Второй и третий могут пропускать до 1000-1500 м<sup>3</sup>/ч технологической воды.

Выбирая биологические фильтры, учитывают не только конструктивные особенности, но и их производительность, которая определяется по количеству перерабатываемых в одном кубическом метре загрузки биофильтра азотистых соединений, трансформируя их по цепочке нитрификации: аммоний → нитриты → нитраты. Количество экзометаболитов связано с количеством съеденного рыбами корма, привязанного к одному кубическому метру загрузки биофильтра. Носители (загрузка) биофильтра могут быть в форме кассет, внутреннее пространство которых заполнено трубами или плоскостями с гофрированной поверхностью, полиэтиленовыми гранулами разного диаметра (3-6 мм), «ежами», «ершами» с измененной внешней и внутренней поверхностью.

Производительность первых, которые в обиходе получили название капельных фильтров – 1 кг корма на один м<sup>3</sup> загрузки биофильтра. Например, если объем загрузки капельного биофильтра 10 м<sup>3</sup>, то это означает, что в УЗВ можно скормить рыбам не более 10 кг корма в сутки. Производительность биофильтров, где в качестве загрузки используют гранулы диаметром 3 мм - 10 кг корма на 1 м<sup>3</sup>/сутки, диаметром 5-6 мм, а также «ежей», «ершей» - 4-6 кг корма на 1 м<sup>3</sup>/сутки. Например, объем загрузки биофильтра гранулами диаметром 3 мм

составляет 10 м<sup>3</sup>. В этом случае в сутки в УЗВ можно скормить до 100 кг корма.

В варианте гранул диаметром 5-6 мм, «ежей», «ершей» - 40-60 кг корма. Особенностью эксплуатации этого типа биофильтров является периодическая продувка объема загрузки воздухом, подаваемым от компрессора или воздуходувки (барботажа, регенерация поверхности элементов загрузки). При этом с поверхности смывается старая биопленка и выносятся из биофильтра. Частота барботажа один-два раза в сутки. Общая продолжительность барботажа 20-30 мин. Третий тип биофильтра предполагает постоянный барботаж объема загрузки биофильтров. В первом варианте, когда загрузка представлена гранулами полиэтилена диаметром 3 мм, производительность биофильтра составляет 20-30 кг корма на 1 м<sup>3</sup>/сутки. Если объем загрузки составляет 10 м<sup>3</sup>, то производительность биофильтра – до 200-300 кг корма/сутки.

Во втором варианте 10-12 кг корма на 1 м<sup>3</sup>/сутки. При объеме загрузки 10 м<sup>3</sup> производительность такого биофильтра до 100-120 кг корма в сутки. В капельных и биофильтрах с постоянным барботажем (биореакторы) за счет контакта воды с воздухом достигается эффективное удаление углекислого газа. Для биофильтров с периодической регенерацией элементов загрузки целесообразным становится сочленение с ним дегазатора – емкости, куда стекает вода из биофильтра. В донной части дегазатора проложена сеть трубопроводов с многочисленными отверстиями диаметром около 1 мм. По трубопроводам от компрессора подается сжатый воздух и в объеме дегазатора формируется «завеса» из многочисленных мелких пузырьков воздуха, которые с одной стороны способствуют удалению в атмосферу углекислого газа, с другой на своей поверхности абсорбируют органические частицы, выносимые из биофильтра, которые с пеной выводятся за пределы УЗВ.

Составляя схему УЗВ, необходимо учесть, что важным техническим блоком УЗВ является ультрафиолетовое устройство, в котором ингибируется большая часть бактерий, с учетом многократного (не менее 24 раз в сутки) прохождения технологической воды, что косвенно проявляется в осветлении воды.

Подбирая размер и форму бассейнов для УЗВ, необходимо учитывать возраст, размеры выращиваемых рыб, их поведенческие особенности. Так, например, для личинок целесообразно использовать лотковые бассейны. Предпочтительность выбора таких бассейнов обусловлена более равномерным распределением потока воды по фронту движения, постоянными чистками с помощью сифонов от накапливающихся экскрементов, остатков несъеденного корма, удалением отходов. Для крупных личинок лососевых рыб в силу их активного сопротивления потоку воды, усиливающегося к центральному водоспуску, возможно использование квадратных бассейнов с закругленными углами. Площадь таких бассейнов, как правило, от 2 до 4 м<sup>2</sup>, уровень воды от 0,2 до 0,4 м.

Для мальков целесообразна квадратная форма бассейнов с уровнем воды от 0,4 до 0,8 м. Площадь от 4 до 10 м<sup>2</sup>. Большого размера бассейны нецелесообразны, поскольку при выращивании мальков наиболее часто проводят сортировки и для таких бассейнов легче установить более кратный водообмен (2-4 раза/час).

При выращивании посадочного материала площадь квадратных или круглых бассейнов от 10 до 20 м<sup>2</sup>, уровень воды 0,6-1,0 м. Форма и размеры бассейнов для товарной рыбы в большей степени учитывают поведенческие особенности рыб:

- прямоугольные бассейны, площадью от 10 до 20 м<sup>2</sup>, уровнем воды 1 м используют при выращивании карпа, осетровых, угря, тилапии, судака. Товарная масса рыб, как правило, не превышает 0,5-1,0 кг. При выращивании рыб массой более 1 кг целесообразная глубина составляет 1,5-2,0 м.

- квадратные с закругленными углами бассейны используют при выращивании форели, осетровых, тилапии;

- круглые бассейны используют при выращивании лососевых рыб. Уровень воды в квадратных и круглых бассейнах при выращивании рыб товарной массой 2-3 кг и более повышен до 2-3 м. Площадь квадратных и круглых бассейнов, как правило, от 10 до 20 м<sup>2</sup>, иногда более (до 50 м<sup>2</sup>).

Размеры и форма бассейнов, используемых в составе технических блоков УЗВ, могут быть разные.

2. Обосновать схему экспериментальной УЗВ из имеющихся в распоряжении составных элементов.

3. Составить план-схему УЗВ с максимально возможным насыщением технологических блоков. План-схема (рисунок) должна располагаться по центру страницы тетради, а подпись (название) рисунка – внизу. Она должна иметь обозначения составных частей, структурных компонентов и т.п. Эти обозначения можно делать на горизонтальных линиях, от которых при помощи линейки проведены указывающие линии к соответствующим частям рисунка.

Указывающие линии не должны пересекаться. Если подписей много, их можно заменить цифрами. В этом случае рядом с рисунком или под ним составляется «легенда», в которой цифры расшифровываются. План-схема должна быть крупной и четкой, выполненной простым карандашом.

4. Собрать экспериментальную УЗВ, соблюдая последовательность технологических блоков. При этом необходимо учесть, что в том случае, когда в составе УЗВ предусматривается технический блок, связанный с оксигенацией воды (оксигенатор), то его располагают после технического блока подогрева воды. Обратное расположение технических блоков приводит к насыщению циркулирующей воды пузырьками газа (азот, кислород), вероятное попадание которых в кровеносные русла вызовет газовую эмболию (газопузырьковое заболевание) у рыб.

5. Обосновать подбор дезинфицирующих средств и методику их применения.

6. Подготовить экспериментальную УЗВ, инструменты и инвентарь (вымыть и продезинфицировать).

7. Ввести в эксплуатационный режим круговорота воды УЗВ, установить интенсивность оборота воды.

8. Составить схему запуска биофильтра на: а) опытной рыбе (каarp); б) суспензии корма.

На этапе запуска биофильтра (первый месяц эксперимента) в первом варианте в рыбоводные емкости (двойная повторность) высаживается обоснованное количество рыб. Например, 10 шт. в каждую емкость. Во втором варианте в рыбоводные емкости для запуска биофильтра вносят суспензию корма. Расчет количества корма проводят, учитывая, что процент выводимого азота из организма рыб составляет 50% от содержавшегося в корме.

Например, в корме содержание белка 40%. Количество задаваемого корма соответствует суточной дозе корма при определенной температуре воды и массе рыбы в рыбоводных емкостях. Так, при температуре воды 20°C суточная доза корма составляет 5%. Общее количество рыб средней массой 10 г равно 20 шт., а их общая масса 200 г. Суточная доза в первый день кормления 10 г. В 10 г корма содержится 4 г белка (40%). В 1 г белка 0,14 г азота (14%).

В 10 г корма 1,4 г азота. Выделяется в воду в растворенном виде в составе экскрементов 0,7 г азота. Поэтому, определяя количество корма в виде суспензии, вносимого в емкости, в которых отсутствует рыба, следует ориентироваться на 50% от скармливаемого рыбам. В первый день 5 г. Примерная величина от средне-суточного прироста молоди составляет 5%. Значит, суточную дозу корма в каждые последующие сутки следует увеличивать в 1,05 раза.

9. Осуществить контроль запуска биофильтра. Для этого на этапе запуска биофильтра ежесуточно проводится замена 20% воды. С интервалом раз в 1-3 сут. проводятся определения рН, нитритов и нитратов. Ежедневно определяют температуру воды и содержание растворенного в воде кислорода.

При снижении концентраций азотистых соединений в экспериментальных УЗВ до допустимых значений в рыбоводные емкости, в которых запуск биофильтра проводили на суспензии корма, высаживают количество рыб, соответствующее варианту запуска биофильтра в присутствии рыб. В дальнейшем в этой УЗВ алгоритм контроля кормления, проведения контрольных обловов, аналогичен УЗВ, запуск биофильтра в которой проводили в присутствии рыбы.

10. В конце лабораторной работы обязательно записывается вывод по итогам выполненной работы, с опорой на цель работы. Выводы кратко описывают, что было сделано.

Защита лабораторной работы – это проверка правильности заполнения формы отчета и результатов работы, собеседование по заданиям раздела «Ход работы», опрос по вопросам для самопроверки. Ответы на вопросы должны быть аргументированы; ответы типа «да» или «нет» неприемлемы. Студенты,

не успевшие выполнить лабораторную часть, могут продолжить её выполнение на консультациях, или в другое время, согласованное с преподавателем. Защита работы проводится на последующих занятиях или консультациях.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое УЗВ?
2. Каковы конструктивные особенности УЗВ?
3. Как поддерживается оптимальная температура воды в УЗВ?
4. Что такое оксигенаторы, и как они подразделяются? Для чего их применяют?
5. Дайте характеристику механических фильтров.
6. Что такое биофильтр, и как он устроен?
7. Какие конструкции бассейнов используют при выращивании рыб в УЗВ?

### **Лабораторная работа № 2**

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАСКРЫТИЕ РОСТОВОЙ И АДАПТОГЕННОЙ ПОТЕНЦИИ РЫБ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УЗВ: ПОДБОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ГРУПП РЫБ И ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

*Цель работы:* научиться подбирать экспериментальные группы рыб и проводить эксперименты для оценки влияния абиотических и биотических факторов на раскрытие ростовой и адаптогенной потенции рыб в условиях УЗВ.

### *Материал и оборудование:*

- 1) опытные рыбы (карповые, лососевые, сиговые, осетровые и др.);
- 2) различные рецептуры кормов, кормовые таблицы к ним;
- 3) экспериментальные УЗВ в эксплуатационном режиме;
- 4) емкости для дезинфекции завозимых опытных рыб;
- 5) химические вещества и посуда для приготовления дезрастворов;
- 6) электронные весы и измерительные линейки;
- 7) аквариумные обогреватели;
- 8) термооксиметр, рН-метр, иономер.

### *Задание:*

- 1) пользуясь методическими указаниями и рекомендованной литературой, изучить и законспектировать особенности функционирования искусственной экосистемы УЗВ;
- 2) подобрать одноразмерные и одновозрастные группы рыб;
- 3) разместить экспериментальные группы рыб на выращивание в УЗВ;
- 4) сделать вывод и ответить на вопросы для самопроверки.

### *Порядок выполнения работы*

Оформление данной работы осуществляется аналогично описанному выше (см. лабораторную работу № 1).

1. Изучить и законспектировать теоретическую часть работы, уделив особое внимание специфике функционирования искусственной экосистемы УЗВ, а именно следующим вопросам: формирование искусственной экосистемы УЗВ на первом этапе основано на правильном подборе и расстановке технических блоков (узлов); на втором этапе, после залития УЗВ водой, на установлении тех абиотических и биотических параметров, которые позволят разрешиться у рыб ростовой, адаптогенной, репродуктивной потенции.

Учитывая специфику функционирования искусственной экосистемы УЗВ и возможности управления качественными и количественными параметрами циркулирующей воды, среди абиотических факторов выделяют, прежде всего, температуру воды, содержание растворенного в воде кислорода, рН, суммарную концентрацию аммиака и аммония ( $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ ), концентрацию нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ) и нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ).

Но прежде чем давать характеристику этим показателям применительно к особенностям УЗВ, следует обратить внимание на источник подпиточной воды. Основная положительная составляющая водного баланса УЗВ- ежесуточная подпитка свежей (подпиточной) воды. Величина ее может быть разная.

Опираясь на длительный опыт эксплуатации УЗВ, контроль и анализ изменений в гидрохимических показателях при разной доле подмены воды, предлагаются следующие объемы подпитки воды в зависимости от величины рыбопродукции. Так, если величина рыбопродукции не превышает 30-40 кг/м<sup>3</sup>, то достаточной будет ежесуточная подпитка на уровне 3-5 %. Например, в УЗВ циркулирует 100 м<sup>3</sup> воды, рыбопродукция по сибирскому осетру товарной массой 3 кг составляет 30 кг (10 шт./м<sup>3</sup>). Ежесуточно из установки следует сливать (вместе с осадками в механическом фильтре) от 3 до 5 м<sup>3</sup> технологической воды и, соответственно, восполнять это убытие 3-5 м<sup>3</sup> подпиточной воды.

При величине рыбопродукции 50-100 кг/м<sup>3</sup> целесообразной становится подпитка в объеме 5-10%. Например, объем циркулирующей в УЗВ воды составляет 1000 м<sup>3</sup>. Величина рыбопродукции по выращиваемой порционной форели (300-500 г) составляет 100 кг/м<sup>3</sup>. Ежесуточно сливают до 100 м<sup>3</sup> воды с осадками.

При величине рыбопродукции 200-500 кг/м<sup>3</sup> целесообразной становится подпитка в объеме 15-20 % в сутки. Например, объем циркулирующей в УЗВ воды составляет 500 м<sup>3</sup>. Величина рыбопродукции по выращиваемому угрю составляет 250 кг/м<sup>3</sup>. В этом случае объем подпитки составит около 45 м<sup>3</sup>.

Но следует отметить, что указанные возможные объемы подпитки воды согласуются с нагрузкой на биофильтры выделяемых рыбами экзометаболитов, образуемых при съедании нормируемой суточной дозы корма. Об этом подробно разьяснялось в лабораторной работе № 1.

В странах Евросоюза экологически чистой признается только та рыба, которая выращена в УЗВ. Обосновано это тем, что источником водоснабжения, в основном, являются артезианские скважины. Качество такой воды, как правило, по химическому и микробиологическому составу соответствует требованиям, предъявляемым к питьевой воде.

Однако часто артезианская вода содержит повышенные концентрации железа в закисной форме. Но даже концентрации окисной формы должны быть в воде ограничены (до 0,3 мг/л). Тем более это важно учитывать для УЗВ, поскольку в ней железо накапливается, оседая в виде хлопьев, в том числе на поверхность носителей биофильтров, снижая эффективность биологической очистки. Тем более, недопустимо попадание в УЗВ закисной формы железа, которое, попав в кровеносное русло, приведет к образованию метгемоглобина, не способного переносить кислород к органам и тканям рыб.

Усугубляет ситуацию осаждение на жаберных лепестках хлопьев окисного железа. Поэтому, если параметры по содержанию железа превышают 0,1 мг/л целесообразно такую воду предварительно пропустить через специальные фильтры-обезжелезиватели, в которых закисное железо окисляется до окисной формы, выпадающей в осадок, который периодически выводится за пределы фильтра. Оптимизирует выпадение железа в осадок щелочная среда.

С учетом того, что при эффективной работе биофильтра в УЗВ отмечают стабильную динамику закисления воды, то ежедневная подпитка свежей воды, прошедшей фильтр-обезжелезиватель, в определенной степени будет играть положительную роль, возвращая рН в благоприятный для УЗВ диапазон значений (6,5-7,5).

Значительно реже в УЗВ в качестве подпиточной воды подают воду из открытых водоисточников (реки, озера). Даже при удовлетворительном химическом составе, вода открытых водоисточников содержит множество микроорганизмов, простейших, которые могут вызывать эпизоотии. Пропуск такой воды через ультрафиолетовые устройства не даст положительного результата. Стопроцентную гарантию очистки такой воды может дать только озонирование. Но являясь сильнейшим окислителем и «убивая» все живое в воде, озон образует с химическими веществами окислы, сохраняющие токсичность по отношению к рыбе. Время распада таких окислов около 15 минут. Поэтому, если озонировать воду открытых водоисточников, то необходимо обеспечить интервал времени прохождения воды от места контакта с озоном до рыбоводных бассейнов, не менее 15 минут.

2. В соответствии с имеющимися условиями и наличием возможностей осуществить подбор объекта выращивания (каarp, клариевый сом, стерлядь и др.) определенного размера и количества, соответствующего габаритам рыбоводных емкостей.

3. Для исключения возможности завоза эктопаразитов провести антипаразитарную обработку завозимых рыб, с учетом имеющихся рекомендаций и препаратов.



4. Взвесить всех рыб. У части рыб (выборка не менее 25 шт.) провести морфометрические, морфофизиологические, гематологические и иммунологические исследования.

5. Зафиксировать количество и среднюю массу рыб, посаженных в рыбоводные емкости (учитывая двойную повторность эксперимента).

6. Установить оптимальную температуру воды, которая согласуется с реализацией скорости роста, жизнестойкостью, развитием репродуктивных органов, учитывая видовые особенности выращиваемых рыб.

Целесообразность применения аквариумных обогревателей зависит от температурных предпочтений объекта исследований.

Так, при выращивании личинок и мальков карпа такой температурой является 25-27°C. В этом случае можно ожидать раскрытие ростовой потенции на высоком уровне. При выращивании карпа на поздних этапах онтогенеза оптимальной следует признать 23-25°C, в том числе в период межнерестового нагула производителей. Однако для того, чтобы процесс созревания половых продуктов успешно завершился, в УЗВ необходимо имитировать природное понижение температуры воды для завершения вителлогенеза.

В естественных водоемах это происходит при самой низкой температуре воды (1-4°C). Практика разработки технологии преднерестового содержания половозрелых рыб в УЗВ показала, что достаточно понизить температуру воды до 10-12°C и выдержать производителей карпа в течение 15-40 суток, после чего повысить ее до нерестовых значений (18-22°C).

Для осетровых рыб оптимальная температура воды в период нагула 18-23°C. Но в УЗВ, при регулируемом газовом режиме, наибольшую скорость роста осетровые показывают при 20-23 °C, а стерлядь, сибирский осетр при 22-25°C.

Для половозрелых рыб оптимальная температура воды в период межнерестового нагула составляет 17-21°C. «Искусственная зимовка» при температуре 4-6 °C предполагает одно- полуторамесячный период, после чего с градиентом 1°C в сутки температура воды повышается до 10-15°C. «Искусственная зимовка» при 8-10°C предполагает 2-3-месячный период выдерживания производителей, после чего температура воды с градиентом 1°C в сутки повышается до нерестовых значений.

Целесообразным является поддержание температуры воды 17-18°C на этапе выдерживания предличинок, 18-20°C на этапе выращивания личинок. Только на этапе выращивания мальков можно повышать температуру воды до обозначенного ранее диапазона.

Для радужной форели в УЗВ в период нагула, включая преднерестовый, благоприятной является температура воды 15-18°C. При выдерживании предличинок - 10-12°C, при выращивании личинок - 12-14 °C, при выращивании мальков - 14-16°C. «Искусственную зимовку» продолжительностью 1,5-2 месяца целесообразно проводить при 5-6°C, после чего температуру воды повышать постепенно, с градиентом 1 °C в течение 5 суток. Продолжительность созревания

ния всех производителей в диапазоне температуры воды 7-10°C составляет один-полтора месяца.

Однако радужная форель из всех массовых объектов выращивания в УЗВ, в меньшей степени изучена. Появляются новые данные об особенностях созревания, когда преднерестовый период может быть нивелирован. Канальный сом является теплолюбивым объектом, температурный оптимум которого в период нагула выше, чем у карпа (27-29°C). Нерестовая температура (25-27°C) определяет условия выдерживания предличинок и выращивания личинок. На этапе выращивания мальков ее можно постепенно повысить до указанной выше. Но следует учитывать оксифильность этой рыбы, поэтому содержание кислорода не должно быть ниже 8 мг/л. Перевод половозрелых рыб в режим «искусственной зимовки» должен быть постепенным (понижение на 1°C в 2-3 суток). Температура «искусственной зимовки» 12-18°C. Продолжительность этого периода 2-3 месяца, после чего с градиентом 1°C в сутки температуру воды повышают до нерестовой (25-27°C).

Клариевый сом практически на всех этапах выращивания при температуре воды 26-28°C раскрывает ростовую потенцию на высоком уровне. Выдерживает повышение температуры воды, сохраняя высокую скорость роста, до 32-33°C. Оптимальная температура воды в период созревания 24-26°C. Созревает в широком диапазоне температуры воды от 18 до 30°C. Не выдерживает длительного понижения температуры воды ниже 14°C.

Наиболее высокую скорость роста тилапии показывают при температуре воды 25-30°C, способны выдерживать повышение температуры воды до 36°C. Оптимальная температура воды во время нереста 25-27°C. Целесообразным является понижение температуры воды на 1-2°C за две недели до нереста. Давая оценку влияния температуры воды на рост рыб следует учитывать правило Вант-Гоффа Аррениуса, которое гласит о том, что увеличение температуры воды на каждые 10°C способствует ускорению скорости роста рыб в 2-3 раза. Точкой отсчета является минимальная температура воды, при которой отмечается соматический рост.

Например, для карпа такая температура составляет 5°C, значит при 15°C скорость роста увеличивается в 2-3 раза, при 25°C еще в 2-3 раза. Для радужной форели - 2-3°C, значит при 12-13°C увеличится в 2-3 раза, а при 15-18°C еще в 1,5-2 раза. Для осетровых - 4°C, значит при 14°C увеличится в 2-3 раза, а при 24°C еще в 2-3 раза. Для канального сома - 6-8°C, значит при 16-18°C увеличится в 2-3 раза, а при 26-28°C еще в 2-3 раза. Для клариевого сома - 14-15°C, значит при 24-25°C увеличится в 2-3 раза, а при 25-30°C еще в 1,5-2 раза. Для тилапии - 14-15°C, значит при 24-25°C увеличится в 2-3 раза, а при 30-33°C еще в 1,5-2 раза. Для угря - 8-12°C, значит при 18-22°C увеличится в 2-3 раза, а при 25-26°C еще в 1,5-2 раза. Однако, в расчетах сложно оперировать такой динамикой увеличения скорости роста. Реальней проводить расчет скорости по направлению от самой высокой к самой низкой.

Например, если скорость роста карпа при 25°C, определяемая величиной коэффициента массонакопления (Км), составляет 0,15, то при 15°C следует ожидать снижение ее до 0,05, а при 5°C - до 0,017. Для форели максимальная величина Км, например, при 17°C составляет 0,1, то при 7 °С она составит 0,035, при 2°C – 0,012. Для стерляди, например, при 22°C Км составит 0,12, то при 12°C – 0,04, а при 4 °С – 0,018. Для канального сома, например, при 27 °С Км составит 0,15, то при 17°C– 0,05, а при 8°C – 0,017.

Для клариевого сома, например при температуре воды 28°C Км составит 0,21, то при 18 °С – 0,07, а при 15 °С – 0,03.

Для тилапий, например при температуре воды 30°C Км составит 0,18, то при 20°C – 0,06, а при 15 °С – 0,03.

Следует отметить, что для двух последних объектов нарушается тенденция снижения градиента температуры при приближении к границе выживаемости.

Для угря, например, при температуре воды 25°C Км составит 0,10, то при 15°C – 0,03, а при 8°C – 0,01.

7. Учитывая видовые требования рыб, посаженных в экспериментальную УЗВ, отрегулировать величину растворенного в воде кислорода – провести измерения его концентрации. При этом необходимо ориентироваться на оптимальное содержание кислорода и возможность снижения его на 20-30 % от оптимума, когда на прежнем уровне сохраняются ассимиляционные процессы при усвоении питательных веществ. Например, для карпа оптимальное содержание кислорода 8 мг/л (при оптимальной температуре воды). Допускается снижение до 6 мг/л. Для форели оптимальное содержание 9-11 мг/л, допустимое до 7 мг/л. Для осетровых оптимальное содержание кислорода 8-10 мг/л, допустимое снижение до 6 мг/л.

Для канального сома оптимальное содержание кислорода 9-11 мг/л, допустимое снижение до 7 мг/л. Для тилапий оптимальное содержание кислорода 7-8 мг/л, допустимое снижение до 5 мг/л.

Для угря оптимальное содержание кислорода 8-10 мг/л, допустимое снижение до 6 мг/л.

Для клариевого сома, ввиду наличия лабиринтового органа и доминирования дыхания атмосферным воздухом, допустимое снижение кислорода в воде до 2 мг/л. Увеличение содержания кислорода в воде слабо отражается на скорости его роста.

8. Установить в пределах оптимальных значений величину рН и азотистых соединений, учитывая особенности их динамики в УЗВ. При этом для всех рыб оптимальный диапазон значений составляет 6,5-7,5. Снижение или увеличение рН за пределы этого диапазона нежелательно. Суммарная концентрация аммиака и аммония при выращивании личинок и мальков не должна превышать 0,5 мг/л, более взрослой рыбы 1 мг/л. Концентрация нитритов при выращивании личинок и мальков не целесообразна выше 0,3 мг/л, более старшевозрастных рыб 0,6 мг/л. При

фиксации величины нитритного азота эти значения должны быть в 3 раза меньше.

Концентрация нитратов при выращивании личинок и мальков целесообразна до 50 мг/л, при выращивании более возрастных рыб до 100 мг/л.

Но для угря и клариевого сома концентрации азотистых соединений могут быть на порядок выше: суммарная концентрация аммиака и аммония до 2 мг/л, нитритов до 6 мг/л, нитратов до 500-1000 мг/л.

9. Сделать вывод. Порядок защиты см. выше.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Каковы особенности качественного состава подпиточной воды из подземных и поверхностных водоисточников?

2. Перечислите методы преобразования качества подпиточной воды.

3. Какова оптимальная и допустимая температура воды для объектов выращивания в УЗВ?

4. Какова оптимальная и допустимая концентрация растворенного в воде кислорода для объектов выращивания в УЗВ?

5. Каковы допустимые концентрации азотистых соединений в УЗВ для разных объектов выращивания?

6. От чего зависит объем ежесуточной подпитки свежей воды?

7. В чем опасность повышенной концентрации окисной и закисной формы железа? Каковы их предельные концентрации?

### **Лабораторная работа № 3**

#### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАСКРЫТИЕ РОСТОВОЙ И АДАПТОГЕННОЙ ПОТЕНЦИИ РЫБ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УЗВ: СНЯТИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТА, ОЦЕНКА СКОРОСТИ РОСТА И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЫБ**

*Цель работы:* отработать навыки оценки скорости роста, жизнестойкости, физиологического состояния рыб, выращенных в экспериментальных условиях.

*Материал и оборудование:*

- 1) экспериментальные УЗВ;
- 2) живая рыба разного размера и возраста;
- 3) электронные весы, измерительная линейка;
- 4) инструментарий и реактивы для гематологического, иммунологического, морфометрического и физиологического исследования рыб;
- 5) анестетик (прописцин) для обездвиживания опытных рыб.

*Задание:*

1) пользуясь методическими указаниями и рекомендованной литературой, изучить и законспектировать закономерности влияния наследственного, абиотических и биотических факторов на рост и жизнестойкость рыб;

- 2) провести оценку скорости роста и жизнестойкости рыб;
- 3) оценить здоровье выращиваемых рыб;
- 4) сделать вывод и ответить на вопросы для самопроверки.

#### *Порядок выполнения работы*

Оформление данной работы осуществляется аналогично описанному выше (см. лабораторную работу № 1).

1. В течение всего периода эксперимента необходимо:
  - ежедневно измерять температуру воды и содержание растворенного кислорода; проводить чистку механического фильтра; осуществлять подмену подпиточной воды в УЗВ в количестве 5 % от общего объема воды в УЗВ;
  - с периодичностью раз в 3-7 суток определять рН и концентрации азотистых соединений (аммоний, нитриты, нитраты);
  - раз в 7-14 суток осуществлять контрольные обловы;
  - проводить кормление рыбы с учетом установленной суточной дозы корма и кратности кормления;
  - фиксировать отходы (при наличии) ежедневно.

Все данные заносятся в журнал наблюдений.

2. По кормовым таблицам рассчитать суточную дозу корма и определить кратность кормления с учетом средней массы рыб и температуры воды.

3. На основании данных контрольных обловов, фиксации отходов рыб провести оценку скорости роста и жизнестойкости рыб, которые являются основными показателями, учитываемыми при оценке эффективности биотехнического процесса по формуле (1):

$$П = A_{п} \times (B - b) \times P / 100, \quad (1)$$

где П – величина рыбопродуктивности, кг (т, ц) / м<sup>2</sup>(<sup>3</sup>) (га); A<sub>п</sub> – плотность посадки, шт. (кг) / м<sup>2</sup>(<sup>3</sup>) (га); B – конечная масса рыб, кг; b – начальная масса рыб, кг; P – выживаемость (выход), %; 100 – коэффициент, переводящий проценты в безразмерную величину.

Как видно из формулы (1), разность в массе рыб отражает рост. Произведение этой разницы на показатель выживаемости определяет величину нарастания массы рыб в течение определенного периода выращивания.

Произведение всех членов, дополненное в числителе показателем плотности посадки, отражает общий прирост массы рыб в рыбоводной емкости (пруд, озеро, бассейн, садок и т.п.).

Более оперативно показатель «продолжительность периода» используется в индустриальной аквакультуре, особенно в УЗВ, в которых в результате более эффективного контроля за выращиваемой рыбой, большей управляемостью абиотическими и биотическими факторами, удается максимально часто снимать промежуточные показатели и тем самым вносить коррективы в рыбовод-

ный процесс. А это позволяет на промежуточных этапах вводить элементы управления процессом выращивания рыб.

Выживаемость рыб является отражением статистических данных, полученных в результате ежедневных наблюдений за рыбоводными емкостями и фиксации отходов. Но это реально в условиях индустриальных хозяйств. В результате таких наблюдений устанавливается достоверная картина выживаемости рыб на отдельных этапах или в течение всего периода. Но, в озерных, прудовых хозяйствах достоверные данные о выживаемости рыб только по наблюдениям получить невозможно. Поэтому в таких хозяйствах фиксируют количество рыб при посадке, например, весной в пруды (озера) и полученное в ходе облова, например, осенью. Разница между осенними и весенними данными является количественным или процентным выражением выживаемости.

Здесь следует отметить, что относительно низкая выживаемость товарной рыбы от оплодотворенной икры остается существенной проблемой современной аквакультуры. Действительно средние значения этого показателя в современном рыбоводстве составляют 15-25%. Отсюда можно сделать заключение об имеющемся резерве в повышении эффективности рыбоводного процесса.

Основные же потери имеют место в период эмбрионального развития и, особенно, на личиночных этапах развития. Например, при выращивании карпа в выростных прудах от 80 до 90% потерь поголовья приходится на личиночные этапы развития. Таким образом, при нормативе выхода сеголетков из выростного пруда 65% в первый месяц выращивания личинок до наступления первого этапа малькового развития будет потеряна большая часть молоди.

Например, в выростной пруд площадью 20 га посажено 2 млн. неподрощенных личинок (плотность посадки 100 тыс. шт./га). При установленном для данной рыбоводной зоны нормативе выживаемости 65%, количество выловленных сеголетков составит:

$$2000000 \text{ шт.} \times 65\% / 100 = 1,3 \text{ млн. шт.}$$

В том случае, когда в первый месяц выращивания потери составляют 90% от общих за весь период, то можно установить количественную характеристику данного этапа.

Общие потери:

$$2 \text{ млн. шт.} - 1,3 \text{ млн. шт.} = 0,7 \text{ млн. шт.}$$

Потери на личиночных этапах:

$$0,7 \text{ млн.шт.} - 100 \%x - 90 \%. \\ x = 0,7 \times 90 / 100 = 0,63 \text{ млн. шт.}$$

В рыбопитомниках, где за основу приняты индустриальные методы разведения и выращивания рыб, в результате возможности более эффективного управления биотическими и абиотическими факторами удается получать более высокие показатели выживаемости, но все же потери поголовья существенны. Например, на этапе выдерживания предличинок форели нормативная выживаемость 85%, на этапе подращивания личинок 85%, на этапе выращивания личинок 90%. Общая выживаемость за личиночный период составит:

$$85 \times 85 \times 90 / 10000 = 65\%.$$

Если принять выживаемость сеголетков от 1 г мальков 70 %, то к концу первого года выращивания общая величина выживаемости составит:

$$65 \times 70 / 100 = 45,5 \%$$

После зимовки ожидаемый выход годовиков, согласно нормативу 85 %. Тогда общая выживаемость к возрасту годовиков составит:

$$45,5 \times 85 / 100 = 38,7\%.$$

За период нагула двухлетки форели достигнут, например, средней массы 400 г и будут считаться товарной «порционной» форелью. Выход двухлетков нормируется величиной 90 %. Таким образом, общая выживаемость за весь период выращивания товарной форели от вылупившихся предличинок составит:

$$38,7 \times 90 / 100 = 34,8 \%$$

В основе установленных закономерностей, влияющих на выживаемость рыб на разных этапах онтогенеза, лежат внутренние (наследственность) и внешние факторы (абиотические и биотические). Так, В.Н. Жукинский (1986) установил, что на этапах эмбрионального и личиночного развития основное влияние на развитие оказывает наследственный фактор (качество производителей). Поэтому выживаемость может достичь наибольших значений, если проявление наследуемых от родителей качеств будет проходить в условиях оптимальных как по абиотическим (температура, содержание растворенного в воде кислорода, рН и др.), так и биотическим (плотность посадки, кормление) факторам. Если в их величине будут отклонения от нормы, то результаты, прежде всего выживаемость, будут существенно снижаться. Поэтому, когда формируются условия инкубации, выдерживания предличинок, подращивания и выращивания личинок, то они должны поддерживаться в диапазоне оптимальных значений. При достижении первого малькового этапа развития у молоди формируется достаточно развитая адаптационная система, позволяющая ей приспособливаться к меняющимся условиям выращивания. Таким образом, доля влияния на мальков внешних факторов по значимости начинает превышать до-

лю влияния наследственных. По мере роста рыб, увеличения их возраста способность адекватно реагировать на внешние факторы возрастает. Поэтому выживаемость рыб возрастает с увеличением размера и возраста. Если в прудах и озерах сама автономная экосистема регулирует рост и выживаемость, здесь применимо понятие «приемная емкость» экосистемы. Если имеет место существенное превышение плотности посадки, не соответствующее самоочищающей способности экосистемы, то сохранение приемлемой для нее биомассы рыб будет сопровождаться снижением скорости роста рыб. Например, при плотности посадки в пруд неподрошенных личинок карпа 100 тыс. шт. / га к концу вегетационного сезона можно вырастить (выживаемость 60%) 60 тыс. шт. сеголетков стандартной массы 25 г. А при плотности посадки 500 тыс. шт./га, как принято в «сумской технологии», при выживаемости 50% можно вырастить 250 тыс. шт. сеголетков карпа массой 5-7 г.

В индустриальных хозяйствах с естественной или измененной (хозяйства на сбросных теплых водах) термикой приемная емкость садков и бассейнов во вмещаемой рыбе существенно выше. Обеспечивается это интенсивным водообменом, постоянным притоком свежей воды, обогащенной кислородом истокком, насыщенным продуктами метаболизма рыб. Но еще большая вместимость рыбоводных бассейнов у установок замкнутого водообеспечения (УЗВ), где возможно добиться управления большинством основных абиотических и биотических факторов. Логично предположить, что именно в УЗВ можно добиться наибольшей выживаемости на всех этапах онтогенеза. Но при учете допустимых концентраций азотистых соединений в воде УЗВ, которые всегда выше, чем в других формах рыбоводных хозяйств, важно именно при содержании ремонта, производителей, инкубации икры, выдерживании предличинок, выращивании личинок придерживаться тех плотностей посадки, которые минимизируют концентрации экзометаболитов в циркулирующей воде.

4. По результатам контрольных обловов рассчитать величину коэффициента массонакопления и составить прогноз ожидаемой массы рыб на последующий период, зная закономерности влияния на рыб наследственного, абиотических и биотических факторов. Для этого следует воспользоваться алгоритмами расчета, положенными в основу показателя роста – общепродукционного коэффициента массонакопления.

Оперируя данными о величине генетического коэффициента роста и частных экологических коэффициентов роста можно оценивать скорость роста и прогнозировать продолжительность выращивания и массу рыб на промежуточных этапах и в конце периода.

5. В конце эксперимента провести завершающие исследования у всех рыб по оценке экстерьерных показателей, установлению индексов внутренних органов, картины крови и иммунологических показателей.

6. Зафиксировать количество рыб, оставшихся к концу эксперимента.

7. По завершении эксперимента рассчитать значение общепродукционного коэффициента массонакопления и сопоставить с прогнозной величиной.



8. Сделать анализ данных о морфофизиологическом, гематологическом и иммунологическом статусе выращиваемых рыб. В разделе с анализами данных, полученных в ходе проведения эксперимента, должна содержаться подробная информация по полученным сведениям.

9. Дать заключение (выводы) об условиях и результатах эксперимента.

В процессе описания полученных в ходе проведения эксперимента результатов нужно предоставить сами результаты, которые студенты получили при выполнении лабораторной работы. Выводы должны быть подкреплены экспериментальными действиями и теоретическими знаниями. Порядок защиты проводится аналогично описанному в лабораторной работе № 1.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Назовите факторы, влияющие на рост и жизнестойкость выращиваемых рыб.

2. О чем гласят правило Вант-Гоффа Аррениуса, законы Ю. Либиха и каковы особенности их реализации?

3. В чем заключается методика установления индексов внутренних органов у рыб?

4. Какова методика исследования основных гематологических показателей у рыб?

5. Какова методика исследования основных иммунологических показателей у рыб?

### **Лабораторная работа № 4 КОНТРОЛЬ АБИОТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УЗВ (ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ И ИХ КАЛИБРОВКА)**

*Цель работы:* получить навыки проведения калибровки и применения на практике приборов контроля абиотических факторов среды.

#### *Материал и оборудование:*

1) экспериментальные УЗВ;  
2) приборы для измерения основных абиотических показателей (температура воды, содержание растворенного в воде кислорода, рН, азотистых соединений);

3) набор реактивов для калибровки приборов;

4) дистиллированная вода;

5) термометр ртутный стеклянный лабораторный с диапазоном измерений 0-50°C и ценой деления 0,1°C.

6) фильтровальная бумага;

7) химические стаканы емкостью 150-250 мл.

### *Задание:*

- 1) пользуясь методическими указаниями и рекомендованной литературой, изучить и законспектировать устройство и классификацию современных приборов измерения основных абиотических факторов среды;
- 2) провести калибровку приборов с установленной периодичностью;
- 3) сделать вывод и ответить на вопросы для самопроверки.

### *Порядок выполнения работы*

Оформление данной работы осуществляется аналогично описанному выше (см. лабораторную работу № 1).

1. Выписать в тетрадь марки приборов контроля качества среды различных типов и их характеристики, например: рН-метр/иономер «АТОН-101МП», хлоридомер «ХЛ-06», анализатор жидкости «АТОН-301МП», лабораторный рН-метр «АНИОН 4100», портативный рН-метр/нитратомер «АНИОН 7000», лабораторный иономер/нитратомер «АНИОН 4101», лабораторный кислородомер/БПК-тестер O<sub>2</sub> + БПК «АНИОН 4140», лабораторный кислородомер «АНИОН 7041», анализатор растворенного кислорода «МАРК-302Э», стационарный кислородомер «МАРК-404», рН-метр портативный «МАРК-901», портативный микропроцессорный рН-метр «МАРК-903», анализаторы концентрации кислорода, водородного показателя «САМАРА-2рН» и «САМАРА-3рН», анализатор растворенного кислорода «Эксперт-009», анализатор растворенного кислорода и БПК «Эксперт-001» и др.

Из зарубежных приборов наиболее часто используется оборудование для анализа качества воды фирмы HACH LANGE, Hanna Instruments (карманный рН-метр с собственным электродом HI 98103 Checker; рН-метр карманный HI98106 Champ; рН-метр, кондуктометр, термометр карманный водонепроницаемый HI 98130 COMBO; водонепроницаемый кислородомер с выносным датчиком HI 9146-04; оксиметр портативный влагонепроницаемый HI 9142; портативный высокоточный оксиметр HI 9147 и пр.). Перечисленные приборы снабжены автоматической калибровкой и термокомпенсацией до 30°C, не требуют применения химических реактивов и используются для контроля качества воды в рыбоводных хозяйствах, в процессах водоочистки, в экологических исследованиях, бассейнах и т. д.

2. Изучить принцип работы и функциональные возможности приборов по контролю водной среды.

В основе работы приборов по контролю водной среды лежат методы электрохимического анализа: потенциометрический, кондуктометрический, амперометрический. По функциональным возможностям приборы делятся на однопараметровые и комбинированные, а также портативные и лабораторные.

Однопараметровые приборы позволяют проводить анализ с помощью: рН-метров, иономеров, кондуктометров, кислородомеров. Комбинированные приборы - это приборы, которые имеют несколько измерительных каналов в различных сочетаниях для многокомпонентного анализа, например: рН-

метр/кондуктометр, иономер/кондуктометр, иономер/кислородомер/БПК-тестер, иономер/кондуктометр/кислородомер. Портативные приборы используют на контролируемых объектах, а лабораторного исполнения – в стационарных условиях. Выбор прибора зависит от особенностей и условий проведения анализа. Портативные приборы, как правило, меньших габаритов, легче, в ударопрочном пылевлагозащищенном корпусе, с минимальным количеством кнопок на клавиатуре.

Приборы лабораторного исполнения призваны обеспечить комфорт процесса измерений в стационарных условиях. Все приборы оснащены графическим жидкокристаллическим дисплеем, на котором информация соответствует моменту исследования, представляет диапазон возможных последующих действий. В основу управления приборами положен принцип интерфейса гид-меню. Приборы могут работать как от сети, так и от автономного источника. Все перечисленные приборы также измеряют температуру водной среды и могут использоваться при транспортировке, культивировании гидробионтов, в естественных водоемах и различных производствах для контроля состояния водной среды.

Для сигнального контроля качества воды используют экспресс-тесты (далее ЭТ), которые представляют собой тканевые или бумажные индикаторные полоски с иммобилизованными реагентами для определения целевого компонента в воде (железо, жесткость, нитриты, нитраты, сульфиды, кислотность и пр.). Они снабжены инструкцией по проведению тестирования и контрольной шкалой.

Для гидрохимических измерений при экоаналитическом контроле, гидрологических, технологических и других работах, а также в образовательных учреждениях применяют тест-комплекты. Их использование значительно сокращает трудоемкость анализов, предоставляя информацию о загрязненности сточных и технологических вод, водных сред и растворов по целевым компонентам непосредственно на месте отбора пробы. Точность анализа, выполняемого с применением титриметрических тест-комплектов, сопоставима с точностью лабораторной методики выполнения измерений. Тест-комплекты содержат расходные материалы, как правило, на 100 анализов. Перечень некоторых тест-комплектов: «Активный хлор», «Двуокись углерода в воде», «Железо», «Карбонаты, щелочность», «Растворенный кислород и биохимическое потребление кислорода (РК-БПК)», «Нитраты», «Нитриты», «рН (водородный показатель)», «Сероводород и сульфиды», «Сульфаты», «Хлориды».

3. Подготовить лабораторное место для хранения приборов и проведения исследований количественных характеристик абиотических показателей.

4. Подготовить средства и проверяемые приборы к работе в соответствии с требованиями их эксплуатационных документов.

5. Провести внешний осмотр имеющихся в наличии приборов. Проверить комплектность, правильность маркировки, отсутствие механических повреждений, посторонних предметов и загрязнений на приборах и электродах.

6. Включить приборы и подключить к ним пультами программирования и контроля (при наличии). Убедиться в их работоспособности.

7. Приготовить необходимые образцовые буферные растворы по ГОСТ для требуемого диапазона измерений по 150 мл каждого;

8. Провести калибровку имеющихся в наличии приборов, согласно инструкции по эксплуатации. Результаты занести в протокол.

9. Провести измерения основных абиотических факторов среды в экспериментальных УЗВ. В процессе работы следить за чистотой электродов и уровнем раствора в электродах сравнения. Осуществлять полную заправку электродов.

10. Опираясь на табличные и графические данные, сделать заключение (вывод) о соответствии определяемых показателей нормативным.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Назовите отечественные приборы для определения абиотических показателей.

2. Назовите зарубежные приборы для определения абиотических показателей.

3. Каков принцип работы приборов контроля качества среды?

4. Как проводят калибровку приборов контроля качества среды?

5. Для чего используют экспресс-тесты и тест-комплекты?

6. Какие бывают тест-комплекты?

### **Лабораторная работа № 5 ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СУТОЧНЫХ ДОЗ И РЕЖИМОВ КОРМЛЕНИЯ РЫБ В УЗВ, ПРОВЕДЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ОБЛОВОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЕДАЕМОСТИ КОРМА**

*Цель работы:* получить навыки составления схемы кормления рыб и оценки ее эффективности.

#### *Материал и оборудование:*

- 1) экспериментальные УЗВ;
- 2) живая рыба разного возраста и массы;
- 3) электронные весы;
- 4) мерные емкости для воды и рыб;
- 5) сифоны для чистки бассейнов (аквариумов);
- 6) фильтровальная бумага;
- 7) сушильный шкаф.

#### *Задания:*

- 1) пользуясь методическими указаниями и рекомендованной литературой,

изучить и законспектировать основные особенности нормирования кормления рыб в рыбоводных хозяйствах разного типа;

- 2) подобрать рецептуру корма и размер кормовых частиц;
- 3) провести контрольные взвешивания рыб;
- 4) установить суточную дозу корма и кратность кормления;
- 5) определить количество фактически съеденного корма;
- 6) рассчитать кормовой коэффициент;
- 7) сделать вывод и ответить на вопросы для самопроверки.

#### *Порядок выполнения работы*

Оформление данной работы осуществляется аналогично описанному выше (см. лабораторную работу № 1).

1. Изучить и законспектировать теоретическую часть лабораторной работы, уделив особое внимание вопросам системы нормирования кормления рыб в рыбоводных хозяйствах разного типа.

2. Подобрать рецептуру корма, обосновав ее выбор, учитывая, что при оптимальной для роста рыб температуре воды целесообразна та рецептура (тот состав), которая обеспечит энергией увеличение доли пластического обмена в общем обмене веществ. При снижении температуры воды ниже оптимальной содержание белка в рецептуре (самого дорого вещества в составе корма) целесообразно уменьшить.

Например, в настоящее время успешно апробирована схема кормления карпа в прудах, когда при температуре воды выше 20 °С применяют высокобелковую рецептуру прудового корма, в которой содержание белка составляет 35-37%. При снижении температуры воды ниже 18-20°С переходят на кормление кормом, в составе которого доля белка не превышает 14-16%, что существенно снижает стоимость рецептуры с таким содержанием белка и также согласуется со значительным, объективным снижением скорости роста карпа.

3. При посадке рыб в аквариумы (бассейны) установить их среднюю общую массу в УЗВ, в которой запуск биофильтра проводят в присутствии рыб.

4. По кормовым таблицам рассчитать суточную дозу кормления и сделать ее обоснование. В таблицах учитывают массу рыб, установленную на день контрольного облова и температуру воды. Первый показатель отражен на горизонтальной части таблицы, второй – на вертикальной. На пересечении горизонтальных и вертикальных линий, проходящих через показатель массы и температуры воды, зафиксированы значения суточных доз, выражаемых в процентах от массы тела.

Пример расчета суточной дозы корма для клариевого сома приведен ниже:

- по данным контрольного облова установлена средняя масса рыб – 100 г;
- количество рыб в бассейне объемом 10 м<sup>3</sup> – 4000 шт.;
- общая масса рыб 400 кг;
- температура воды 27°С;

- суточная доза корма 4% от массы рыб (определена по кормовым таблицам);

- количество корма, которое следует ежедневно скармливать рыбам в последующий период:

$$\begin{aligned} 400 \text{ кг} & - 100\% \\ x & - 4\%. \\ x & = 16 \text{ кг в сутки.} \end{aligned}$$

Каждые семь суток следует проводить очередные контрольные взвешивания для корректировки суточной дозы корма.

5. Обосновать режим кормления экспериментальных рыб в УЗВ. Для этого необходимо определить кратность внесения корма для рыб разного размера и возраста. При этом на этапе выращивания личинок рыб общепринятым является выбор максимально возможной частоты внесения корма в светлое время суток. При автоматизации процесса кормления до 48-60 раз с интервалом 10-15 мин. При ручном кормлении до 16-20 раз с интервалом 20-30 мин.

Кормление мальков проводят реже - 8-10 раз в сутки. Рыб массой 50-100 г - 4-6 раз в сутки; рыб массой 100-300 г - 3 раза в сутки; рыб массой более 300 г - 2 раза; рыб массой более 700-800 г - 1 раз в сутки.

6. Автоматизировать процесс кормления рыб в экспериментальной УЗВ (по возможности). При относительно небольшом объеме выращиваемой рыбы приемлемо кормление вручную, имеющее одно преимущество - визуальный контакт с рыбой и внесение коррективов в кормление в зависимости от характера ее реакции на корм.

7. Обосновать выбор размера кормовых частиц (крупки, гранул). Правильным является выбор такого размера кормовых частиц, когда рыба определенного размера, имеющая соответствующее раскрытие рта, сечение пищевода способна проглотить их без напряжения. Упоминание сечения пищевода неслучайно, поскольку, например, судак имеет значительное раскрытие рта, но узкий пищевод, поэтому даже рыбы массой 1-3 кг и более не могут заглотить гранулы корма диаметром более 10 мм.

Наименьший размер кормовых частиц у стартовых кормов и составляет 25-50 микрон. По мере увеличения размера личинок фракционный состав меняется. Следующие фракции имеют размеры в последовательности: 50-100, 150-200, 200-400, 400-600, 600-1000, 1000-1500 микрон. Для мальков массой более 3-4 г применяют гранулы 1,5-2,0 мм. Для рыб массой более 50-100 г диаметром 3 мм; для рыб массой более 300-500 г - более 4,5 мм; для рыб массой более 700-800 г - 6 мм; для рыб массой более 1000 г - 8,9, 10 мм. При выборе размера гранул следует учитывать видовые особенности объектов выращивания.

8. Определить количество фактически съеденного корма. Для этого необходимо выполнить следующие действия:

- с помощью сифона удалить несъеденный корм из аквариума (бассейна);

- просушить его на фильтровальной бумаге;
- поместить в сушильный шкаф для обезвоживания;
- взвесить сухую субстанцию корма и определить количество фактически съеденного корма.

9. Рассчитать кормовой коэффициент. Для этого по завершении каждого контрольного облова проводят расчет прироста массы рыб за предшествующий период и количество съеденного корма.

10. Проанализировать полученные результаты и сделать вывод об эффективности применяемой схемы кормления.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. В чем заключаются различия в составе прудовых кормов в зависимости от доли в суточном рационе живой пищи?
2. Как температура воды влияет на состав искусственных кормов?
3. Как зависит суточная доза корма от температуры воды?
4. Как зависит суточная доза корма от размера и возраста рыб?
5. Какова связь режима кормления с размером и возрастом рыб?
6. Что включает в себя система нормирования кормления?
7. Какие современные рецептуры кормов применяют в рыбоводстве?
8. Как определяют количество фактически съеденного корма?
9. Как определяют суточную дозу корма?
10. Что учитывают при выборе размера гранул корма?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе освоения дисциплины у студента формируются целостная картина, позволяющая оценить современное состояние аквакультуры. В результате изучения дисциплины студент должен знать:

количественные и качественные стороны мировой и отечественной аквакультуры; тенденции развития аквакультуры на мировой, федеральном, региональном уровнях; современные методы и способы выращивания объектов аквакультуры; методы оптимизации среды выращивания рыб; моно- и полициклические технологии выращивания рыб; методы и способы ускорения роста, повышения жизнестойкости, сокращения сроков выращивания посадочного материала и товарной рыбы, увеличения выхода рыбопродукции с единицы площади (объема) рыбоводных систем; методы и способы управления репродуктивными циклами рыб, ориентирующие на существенное увеличение производства посадочного материала в необходимые сроки; методы расчета приемной емкости экосистем рыбохозяйственных водоемов в зарыбляемой молоди ценных видов рыб; технические средства, обеспечивающие эффективную водоподготовку в различных типах рыбоводных систем; комбинированные технологии выращивания рыб; принципы выбора рецептур стартовых, продукционных и кормов для производителей для различных объектов аквакультуры; методы и способы контроля качества воды в рыбоводных системах; методы и способы кормления рыб; методы расчета потребляемой энергии техническими узлами рыбоводных систем и пути оптимизации использования тепловой и электрической энергии; региональные природно-климатические условия, состав и структуру водных источников, потенциально пригодных для целей аквакультуры; методы оценки приемной емкости потребительского регионального рынка рыбной продукции и перспективы его роста; основы разработки рыбоводно-биологических обоснований искусственного воспроизводства; товарного выращивания объектов аквакультуры; методы оценки экономической эффективности различных типов рыбоводных предприятий;

Уметь применять полученные знания и навыки в научной, образовательной и производственной сферах деятельности в области аквакультуры; обосновать технологическую и экологическую составляющие в ходе разработки проектно-сметной документации предприятий аквакультуры; применять при ведении научной и производственной деятельности методы и способы управления процессами разведения и выращивания объектов аквакультуры; самостоятельно проводить экспериментальные работы, контролировать и регулировать технологические процессы в различных типах рыбоводных предприятий;

Владеть методами и способами управления процессами разведения и выращивания рыбы; моно- и полициклическими и комбинированными технологиями разведения и выращивания рыбы; методами расчета приемной емкости рыбоводных систем в посадочном материале; методикой разработки рыбоводно-биологических обоснований искусственного воспроизводства и товарного выращивания.



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Основная литература:

1. Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры: учебник / Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова, О. Е. Гончаренок, К. А. Молчанова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-2607-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210053> (дата обращения: 14.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Основы индустриальной аквакультуры: учебник / Е. И. Хрусталева, К. Б. Хайновский, О. Е. Гончаренок, К. А. Молчанова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 280 с. — ISBN 978-5-8114-3229-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206021> (дата обращения: 14.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### Дополнительная литература:

1. Технические средства аквакультуры. Осетровые хозяйства: учебник для вузов / Е. И. Хрусталева, В. Е. Хрисанфов, К. А. Молчанова, С. А. Розенталь. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-7609-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176867> (дата обращения: 14.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Купинский, С. Б. Продукционные возможности рыбохозяйственных водоемов и объектов рыбоводства: учебное пособие / С. Б. Купинский. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 232 с. — ISBN 978-5-8114-3426-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115503> (дата обращения: 14.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Локальный электронный методический материал

Евгений Иванович Хрусталев  
Ольга Евгеньевна Гончаренок  
Артем Борисович Дельмухаметов

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
АКВАКУЛЬТУРЫ

*Редактор И. В. Голубева*

Уч.-изд. л. 2,4. Печ. л. 2,1.

Издательство федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
236022, Калининград, Советский проспект, 1