МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Н. В. Васильева, А. А. Боровиков

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АКВАКУЛЬТУРЫ

Рекомендовано учебно-методическим объединением в сфере высшего образования Республики Беларусь по образованию в области сельского хозяйства в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности 6-05-0831-01 Водные биоресурсы и аквакультура

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 639.3:626.88(075.8)
ББК 40.6я73
В19

Рекомендовано методической комиссией факультета биотехнологии и аквакультуры 25.11.2024 (протокол № 3) и Научно-методическим советом Белорусской государственной сельскохозяйственной академии 27.11.2024 (протокол № 4)

Авторы:
кандидат технических наук, доцент *Н. В. Васильева*;
кандидат технических наук, доцент *А. А. Боровиков*

Рецензенты:
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Т. В. Козлова*;
кандидат биологических наук, доцент *В. Г. Костоусов*

Васильева, Н. В.

В19 Технические средства аквакультуры : учебно-методическое пособие / Н. В. Васильева, А. А. Боровиков. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2026. – 175 с.

ISBN 978-985-882-878-3.

Изложены основные сведения о работе различных технических средств подачи и очистки воды, аэрации и насыщения кислородом, кормораздачи, сортировки, транспортировки, автоматизированного контроля и управления процессами выращивания рыбы. Рассмотрены вопросы эксплуатации средств механизации производственных процессов в рыбоводстве.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности 6-05-0831-01 Водные биоресурсы и аквакультура.

УДК 639.3:626.88(075.8)
ББК 40.6я73

ISBN 978-985-882-878-3

© Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2026

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современных условиях параллельно с развитием и совершенствованием сельского хозяйства человечество все большее внимание уделяет водной среде. Аквакультура является многоцелевой биологической и (или) экологической системой, вписанной в природную или искусственно сформированную среду для эффективного воспроизводства (разведения) и круглогодичного выращивания разных видов рыб и других гидробионтов со стабильным получением разнообразной продукции, доступной населению с различным уровнем доходов. Аквакультура как область биотехнологии, занимающаяся производством продукта на основе биологического процесса, имеет свою специфику. Она заключается в том, что процесс формирования полезного продукта происходит в водной среде с использованием гидробионтов.

По темпам развития аквакультура стоит в ряду наиболее быстро развивающихся отраслей вместе с отраслями компьютерных технологий, связи и некоторыми другими. В мировой практике насчитывается несколько типов аквакультурных производств, базирующихся на различных методах выращивания гидробионтов (пастбищное, прудовое и индустриальное), которые отличаются различным уровнем интенсификации технологического процесса. Аквакультура имеет два основных направления: первое – пресноводное рыбоводство, второе – искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов. Самым распространенным объектом пресноводной аквакультуры является рыба. Рыбоводство на внутренних водоемах является уникальным видом хозяйственной деятельности. Его основная задача сводится к удовлетворению потребности людей в рыбе и рыбопродуктах – незаменимых продуктах в пищевом рационе человека. Технологические приемы его ведения принципиально отличаются от приемов животноводства и растениеводства, прежде всего, тем, что позволяют с большей эффективностью использовать первичные звенья продукционной цепи экосистем водоемов.

1. ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ

Население Земли неуклонно увеличивается, и если в развитых странах продовольственная программа решена полностью, то в отдельных регионах мира еще существует такое явление, как смерть от голода. Аквакультура является одной из наиболее быстрорастущих отраслей пищевого производства в мире, позволяющих увеличивать производство продуктов питания.

Аквакультура охватывает широкий спектр объектов, включая водоросли, моллюсков, ракообразных, рыбу и другие виды водных организмов.

В Республике Беларусь получили распространение следующие виды рыбоводства: рыбоводство в прудах, бетонных бассейнах с прямоточным водоснабжением, садках водоемов – охладителей гидроэлектростанций, установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), реках, озерах, водохранилищах, переданных в аренду. По поручению Президента Республики Беларусь в 2025 г. Советом Министров была утверждена Государственная программа «АПК будущего» на 2026–2030 годы, в которой большое внимание уделяется вопросам рыбохозяйственной деятельности. Производство рыбной продукции по сравнению с производством других продуктов, содержащих животные белки, характеризуется высокой эффективностью. Затраты на производство 1 т рыбной продукции почти в пять раз ниже, чем 1 т говядины, в четыре раза – баранины, более чем в три раза – свинины, в восемь раз – сливочного масла, в четыре раза – животного жира. Капитальные вложения на производство 1 т мяса почти в четыре раза больше, чем на производство 1 т рыбной продукции. Рыбы способны образовывать более высокую биомассу на единицу площади: если средняя биомасса наземных промысловых позвоночных в среднем не превышает 1 кг/га, то биомасса рыб в естественных водоемах составляет до 150 кг/га, а при проведении интенсификационных мероприятий способна достигать 300–500 кг/га. Продуктивность искусственных прудов при использовании интенсивных методов рыбоводства и поликультуры достигает 25–30 ц/га при себестоимости, на 30–50 % меньшей, чем при производстве того же объема продукции крупного рогатого скота.

1.1. Цели аквакультуры и ее структура

Аквакультура – это разведение и выращивание водных организмов, осуществляемые под полным или частичным контролем человека, с

целью получения товарной продукции, сохранения и пополнения запасов гидробионтов, а также улучшения экологического состояния окружающей среды

В течение многих веков аквакультурой занимались в Китае, Японии и других странах Дальнего Востока. Первое упоминание об аквакультуре встречается в работе Фан Ли и относится к 475 г. до н. э. В древних памятниках литературы и искусства Дальнего Востока нашли отражение сведения об аквакультуре, а о культивировании устриц и других водных организмов упоминается также в работах древних греков и римлян.

Предметом аквакультуры является технология производства рыб, беспозвоночных и водорослей в морской и пресной воде.

Аквакультура оказывает существенное влияние на состояние окружающей среды: рыбохозяйственные водоемы увлажняют воздух; улучшают микроклимат и способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Организация аквакультуры в искусственных и естественных пресноводных и морских водоемах способствует улучшению экологической обстановки в них за счет контроля за развитием вредных организмов, помогает бороться с загрязнением водоемов благодаря утилизации избытка органического вещества. Аквакультура имеет ряд преимуществ перед другими отраслями сельского хозяйства:

– для целей аквакультуры могут использоваться любые участки земельной поверхности, на которых могут быть устроены водоемы (карьеры, водохранилища), где не может быть устроено выращивание сельскохозяйственных культур, требующих ежегодной обработки почвы перед сезоном выращивания;

– для активизации фотосинтеза в водоемах требуется лишь незначительное количество органических и минеральных удобрений, соотношение и дозы которых подбирают в соответствии с потребностями водорослей и химическими свойствами воды;

– в водоеме под покровом льда происходит фотосинтез и образуется органическое вещество благодаря развитию микроскопических водорослей, а также беспозвоночных животных;

– гидробионты в отличие от сельскохозяйственных животных не требуют зимой кормов.

Основные цели аквакультуры:

– получение пищевой продукции;

– получение сырья для промышленного изготовления лекарственных препаратов и технической продукции;

– выращивание кормовых компонентов, например мидий, для сельскохозяйственных животных, рыбопосадочного материала для зарыбления естественных и искусственных водоемов;

– выращивание организмов, являющихся тест-объектами в биологических исследованиях и индикаторами загрязнения водоемов, наживки для любительского рыболовства;

– выращивание декоративной рыбы и растений для любительского аквариумного и прудового рыбоводства;

– очистка водоемов и водотоков от органических и неорганических загрязнений (макрофиты, моллюски, ракообразные и др.).

По способу содержания гидробионтов существует два направления – пастбищное и откормочное.

Аквакультура пастбищная подразумевает выращивание рыбы и других гидробионтов на естественной кормовой базе. В зависимости от места выращивания выделяют морскую пастбищную аквакультуру, или марикультуру, и пресноводную аквакультуру.

Откормочная аквакультура предполагает производство рыбы в садках, бассейнах или лотках, прудах и других водоемах, в которых рыбу или беспозвоночных выращивают при более плотных посадках, чем при пастбищной аквакультуре, и с применением кормления.

Аквакультура удачно сочетается с производством сопутствующей продукции – водоплавающей птицы, околоводных пушных зверей, выращиванием овощей и других сельскохозяйственных культур.

Основными направлениями пресноводной аквакультуры являются следующие:

– прудовая аквакультура, которая использует полуинтенсивные и интенсивные методы выращивания одомашненных или высокопродуктивных пород рыб;

– индустриальная аквакультура, культивирующая ценные виды и породы рыб, адаптированных к обитанию в ограниченных условиях с высокими плотностями посадки и питанию искусственными комбикормами;

– пастбищная аквакультура, базирующаяся на эффективном использовании естественных кормовых ресурсов водоемов вселенными в них различными видами рыб с разным характером питания (фитопланктон, зоопланктон, моллюски, макрофиты, мелкая малоценная рыба);

– озерная аквакультура, отличающаяся от пастбищной тем, что наряду с подбором поликультуры рыб применяются и элементы ин-

тенсификации выращивания – удобрение и мелиорация водоемов, и даже подкормка (или кормление рыбы);

– рекреационная аквакультура, базирующаяся на системе ведения рыбоводства на приусадебных участках и небольших прудах с организацией любительского рыболовства.

Интенсивное развитие аквакультуры носит глобальный характер. Исследования показывают, что за последние 50 лет она стала наиболее быстроразвивающимся сектором агропромышленного производства. В некоторых странах аквакультура превратилась в наукоемкое производство с высоким уровнем технического оснащения. Быстрые темпы роста объемов продукции аквакультуры в отдельных странах и регионах во многом обеспечиваются приоритетным выращиванием отдельных видов рыб или других гидробионтов, которые хорошо адаптированы к природно-климатическим условиям страны.

1.2. Биологические особенности и хозяйственные качества основных объектов аквакультуры

Эффективность ведения аквакультуры определяется многими факторами, в том числе биологическими особенностями и хозяйственно полезными свойствами разводимых видов рыб. Выбор тех или иных видов рыб для выращивания зависит от климатических особенностей региона и направления рыбоводства.

Ведущее место в мировой аквакультуре занимает культивирование морских гидробионтов. Доля марикультуры превышает 50 %. В пресноводной аквакультуре, где выращивается более 94 % рыбы, производится почти 26 млн т (более 43 %), а солоновато-водное направление, в котором преобладают ракообразные, тиляпия и молочная рыба, почти достигает 6 %.

Аквакультура Китая и других стран Азиатско-Тихоокеанского региона базируется на выращивании карповых и ракообразных, успех Чили связан с широкомасштабным выращиванием лосося, Бразилии и Эквадора – культивированием креветок, Египта – выращиванием тиляпии и кефалевых рыб, а США – производством канального сома. В Западной Европе приоритет отдан лососевым рыбам, форели, моллюскам. За последние 50 лет значительно расширился видовой состав культивируемых гидробионтов. Особенно быстро новые виды вводились в аквакультуру в 1980–1990 гг. – ежегодно по 9–10 объектов. Среди таксономических групп гидробионтов, выращиваемых в аква-

культуре, ведущее место занимают карповые рыбы, второе место – устрицы и ламинариевые водоросли.

Важное место в развитии аквакультуры на разных континентах занимают акклиматизанты. Особенно большой эффект получен в странах Латинской Америки, где 65 % продукции аквакультуры получено за счет завезенных видов – лосось, форель, тиляпия, карп, креветки.

В исследованиях современного состояния и будущего пресноводной аквакультуры России прудовое рыбоводство по объему и эффективности производства среди других направлений товарного рыбоводства, таких как индустриальное, озерное и пастбищное, занимает ведущее положение. В общем объеме пресноводной аквакультуры производство товарной рыбы прудового рыбоводства занимает в настоящее время более 60 %. Доля России в мировом объеме морской аквакультуры достаточно скромна: Российская Федерация занимает 14-е место в производстве водорослей и 28-е место в выращивании рыбы и беспозвоночных. Анализ потенциальных возможностей товарного рыбоводства дает основание полагать, что во второй половине XXI в. основным направлением производства товарной продукции в России будет пастбищное рыбоводство на крупных водохранилищах, озерах, водоемах комплексного назначения и малых водоемах различного типа.

Развитие рыбного хозяйства Беларуси предусматривает следующие направления: выращивание рыбы в прудовых хозяйствах, создание рациональных ихтиокомплексов на озерах, выращивание рыбы в озерно-товарных рыбных хозяйствах, речное рыболовство, выращивание рыбы индустриальным методом. С экономической и экологической точек зрения прудовое рыбоводство считается наиболее эффективным направлением. Основными объектами современного прудового рыбоводства являются две условные группы рыб, отличающиеся между собой требованиями к предпочтительной температуре: теплолюбивые и холоднолюбивые. К теплолюбивым объектам относят всех карповых рыб, осетровых, щуку, судака, сома, угря. К холоднолюбивым рыбам – лососевых и сиговых рыб.

Карп (*Cyprinus carpio* L.) – один из объектов разведения в рыбоводных хозяйствах Беларуси. Современные породы карпа характеризуются высокими продуктивными качествами: быстрым ростом, эффективным использованием задаваемых кормов, высокой плодовитостью. Карп неприхотлив к условиям содержания, легко приспосабливается к изменениям гидрохимического режима кормовой базы и дру-

гих факторов среды. Половая зрелость у него наступает в разном возрасте и зависит от температурного режима водоема, а также условий содержания. Изменение характера питания обусловлено рядом биотических и абиотических факторов: возрастом, полом, степенью зрелости, состоянием здоровья, численностью и доступностью пищевых организмов, температурным и газовым режимами водоема.

Белый амур (*Ctenopharyngodon idella* Val.) – быстрорастущая рыба, достигающая массы 40–50 кг и длины более 1 м. Из водной растительности предпочитает рдесты, элодею, ряску, роголистник, уруть, может поедать и жесткую растительность – тростник и рогоз. Суточный рацион, темп роста и скорость полового созревания белого амура в значительной степени зависят от температуры воды.

Белый (*Hypophalmichthys molitrix* Val.) и **пестрый** (*Aristichthys nobilis* Richardson) **толстолобики** – это крупные быстрорастущие рыбы, достигающие массы более 50 кг. Эти два вида различаются по ряду биологических особенностей и внешних признаков. Особенности питания белого и пестрого толстолобиков определяются строением фильтрационного аппарата, а также составом и размером кормовых организмов в водоеме. Спектры питания обоих видов толстолобиков сходны в личиночном периоде и существенно различаются по мере роста. Различие особенно ярко проявляется, когда в составе планктона преобладают организмы, доступные для белого и недоступные для пестрого толстолобика.

Стерлядь (*Acipenser ruthenus* L.) – пресноводная рыба. Самцы достигают половой зрелости в 4–5 лет, самки – 7–9 лет при длине 23–34 см. Стерлядь – донная рыба, питающаяся главным образом личинками насекомых и червями. Она мельче других осетровых.

Ленский осетр (*Acipenser baeri* Brandt) постоянно живет в пресной воде. Имеет широкий спектр питания (личинки насекомых, черви, ракообразные, рыба). Биологические особенности ленского осетра делают его одним из ценных и перспективных объектов товарного осетроводства.

Радужная форель (*Oncorhynchus mikyss* W.). Благодаря высоким вкусовым качествам и простоте разведения является одним из основных объектов интенсивной аквакультуры. Оптимальными для ее выращивания являются температура 16–18 ^{o}C и содержание кислорода 10–12 мг/л. Угнетание дыхания наступает при снижении содержания кислорода до 5 мг/л. Пороговое содержание кислорода состав-

ляет 3 мг/л. По образу жизни форель – сумеречная рыба, между 23 и 3 часами ее активность уменьшается.

1.3. Роль и перспективы развития технических средств аквакультуры

Интенсификация рыбоводства тесно связана с механизацией и частично автоматизацией важнейших трудоемких процессов, что позволяет повысить производительность труда, сократить продолжительность производственных процессов и снизить себестоимость продукции. Механизация способствует повышению рыбопродуктивности водоемов (механизация мелиоративных работ, удобрения), соблюдению оптимальных сроков проведения работ (облов прудов, сортировка рыбы), снижению отхода рыб (например, в результате механической аэрации или оксигенации при дефиците кислорода) и сокращению потерь корма (совершенствование методов кормления рыб). В рыбоводстве уровень механизации трудоемких процессов неодинаков. В прудовом рыбоводстве преобладает частичная механизация – использование отдельных машин в рабочем процессе. При выращивании рыбы в садках и бассейнах производственные процессы более механизированы, чем в прудовом рыбоводстве.

Современный уровень технического прогресса, разработка высокопроизводительных интенсивных технологий выращивания рыбы требуют создания новых технических средств рыбоводства. В настоящее время осуществляется переход от отдельных машин к комплексам, механизированным и автоматизированным линиям и системам с применением манипуляторов, микропроцессорной техники для полной механизации и автоматизации основных технологических процессов в рыбоводстве.

В аквакультуре используются следующие технические средства:

1) оборудование для инкубации икры, подращивания личинок, выращивания кормов – инкубатор «Амур» Н17-ИНЖ, инкубатор «ИВТМ» Н17-ИИД, инкубатор «Осетр» Н17-ИИЕ, аппарат обесклеивания икры АОИ, аппарат учета личинок рыб «ИДА» Н17-ИСБ, лоток «ЛПЛ» Н17-ИВГ, бассейн «ИЦА-2» Н17-ИЦА-2, бассейн для выдерживания личинок сиговых рыб Н19-ИЛВ;

2) борудование для приготовления и хранения кормов, минеральных удобрений и извести – устройство дробильно-просеивающее Н15-ИИ4Д;

3) оборудование для ПРТС-работ – автоцистерна для перевозки живой рыбы АЦПТ-2,8/53А; полуприцеп для контейнерной перевозки живой рыбы Н15-ИЖЗК/1.00.000-03, установка для контейнерной перевозки живой рыбы Н15-ИЖК, контейнер Н19-ИКБ, рыбоконтейнер РК-4, кормораздатчик плавучий ОМ-91, кормозагрузчик кормушек плавающий ПК-3,2;

4) оборудование для раздачи кормов, лекарственных препаратов, извести, минеральных и органических удобрений – известкователь прицепной плавучий ИП-1,5, машины для внесения минеральных удобрений МТТ-4У, РУ-7000, РУ-8 (БобруйскАгроМаш), кормораздатчик плавучий Н17-ИКШ, самокормушка «Рефлекс Т-1500», кормораздатчик Н17-ИКХ, кормораздатчик Н17-ИКФ, кормораздатчик плавучий самоходный 150А, кормораздатчик вибрационно-пневматический Н15-ИЛФ-10, установка УОП-630 Н17-ИАГ, линия раздачи гранулированных кормов в бассейны Н17-ИКЦ, линия раздачи кормов Н17-ИКТ;

5) оборудование для облова прудов – установка сортировочная «Карп-2» Н17-ИСГ, установка сортировочная «Карп-2» Н17-ИСВ, рыбоперегружатель Н17-ИЛВТУ;

6) оборудование для водообеспечения и подготовки воды – аэратор 6023Э, аэратор «Ерш» Н17-ИФК, устройство для аэрации «Банга», устройство для очистки бассейнов Н15-ВОВ;

7) оборудование для выращивания рыбы в садках и бассейнах – садковая линия ЛМ-4 площадью 1040 м^2, установка с замкнутым циклом водообеспечения производительностью 10 т рыбопосадочного материала карпа в год Н17-ИВИ;

8) оборудование для борьбы с водной растительностью – камышекосилка КГ-1 Н17-ИФК, камышекосилка КГ-2 Н17-ИФБ;

9) оборудование для регистрации параметров – устройство для поедаемости корма Н17-ИЦД, термооксиметр для живорыбного автотранспорта Н20-ИОВ, портативный полевой измеритель концентрации растворенного кислорода (O_2) и температуры Н20-ИОА;

10) оборудование для управления технологическими процессами – блок управления Н17-ИЭВ, блок управления кормораздатчиков ЕВЖ;

11) нестандартные технические средства – инкубатор яиц артемии Н19-ИИД, загрузчик кормушек плавучий несамоходный ЗКП-6, самокормушка «Рефлекс-300Б», личинкоотделитель для сиговых рыб Н19-ИЛГ, отборник мертвой икры Н19-ИЛД.

Внедрение на современных индустриальных предприятиях высокоинтенсивных технологий товарного выращивания рыбы и посадочного материала невозможно без специальной высокопроизводительной рыбоводной техники, поэтому техническое вооружение товарного рыбоводства с каждым годом должно неуклонно возрастать.

2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСТАНОВОК С ЗАМКНУТЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ И БАССЕЙНОВЫХ ХОЗЯЙСТВ

2.1. Особенности конструкций установок с замкнутым водоснабжением различного назначения

Установка замкнутого водообеспечения включает в себя полный набор блоков, обеспечивающий все технологические этапы выращивания разводимых видов рыб: регуляцию температуры, содержания кислорода в воде, pH, стерилизацию оборотной воды, механическую и биологическую очистку. Ежесуточная подпитка свежей водой не превышает 3–5 % от общего объема системы.

Принимая во внимание свойства загрязнений, сбрасываемых из рыбоводных бассейнов, для освобождения воды от грубых нерастворимых примесей используют отстаивание и фильтрование. В конструктивном плане для механической очистки применяют отстойники различных типов: горизонтальные, вертикальные, радиальные. Эффективность процесса отстаивания определяется соотношением объема емкости отстойника и скорости протока воды через него.

Для фильтрования воды используют одно-многослойные гравийные фильтры, барабанные фильтры из синтетических материалов, снабженные системой обратной промывки и регенерации. Однако максимальный эффект осветления воды до 95–98 % обеспечивается в специальных конструкциях напорных и безнапорных фильтров с зернистой загрузкой.

С учетом характера поступающих загрязнений и требований к качеству оборотной воды биологическая очистка предусматривает проведение процессов окисления органических веществ, аммонийных солей и восстановления образующихся окислов азота. Для этого применяют биологические фильтры с прикрепленной загрузкой (микроорганизмы находятся в прикрепленном состоянии на поверхности загрузочного материала). Требуемая концентрация биомассы достигается

благодаря применению объема субстрата с необходимой удельной поверхностью. Специфика движения воды в биофильтрах обеспечивает спонтанный рост микрофлоры по ходу движения воды, что позволяет осуществлять все стадии процесса с высокими скоростями.

Для обеззараживания оборотной воды используют ультрафиолетовое облучение или озонирование.

Обогащение воды кислородом и терморегуляция осуществляются при помощи стандартных оксигенаторов и теплообменников того или иного типа. В случае оксигенирования воды используют автономные источники (генераторы кислорода), а не баллонный кислород.

Успешная эксплуатация замкнутых рыбоводных систем возможна при выполнении основных показателей качества оборотной воды в любой точке системы и в любой момент времени. Система измеряемых показателей по отдельным блокам замкнутых рециркуляционных установок представлена на рис. 2.1.

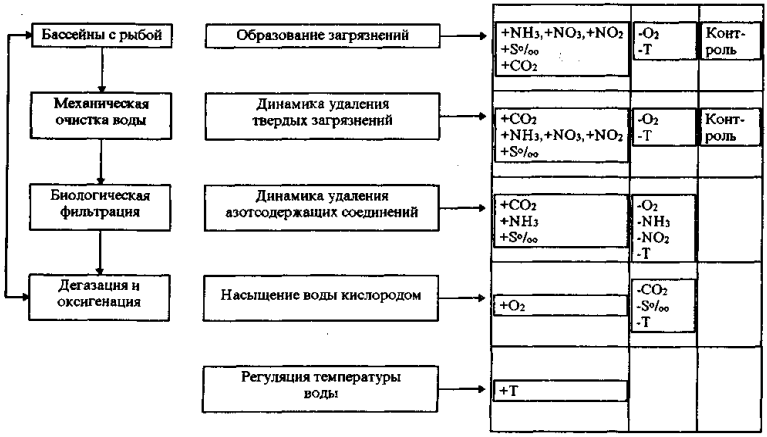


Рис. 2.1. Система блоков замкнутых рециркуляционных установок

Выращивание рыбы в замкнутых рыбоводных установках происходит при многократном использовании одного и того же объема воды, подвергаемого очистке и вновь возвращаемого в рыбоводную емкость.

Модуль для выращивания рыбы в условиях УЗВ (рис. 2.2) включает:

– четыре бассейна;

– барабанный фильтр для механической очистки воды;

– биореактор (фильтр биологической очистки);

– насосный приямок;

– четыре насоса (один для обеспечения циркуляции, второй для подачи воды в биореактор, а также по одному резервному насосу к ним);

– систему насыщения воды кислородом (оксигенатор);

– узел ультрафиолетовой дезинфекции;

– систему стабилизации кислотности (значения pH);

– электронную систему управления работой УЗВ с аварийной сигнализацией.

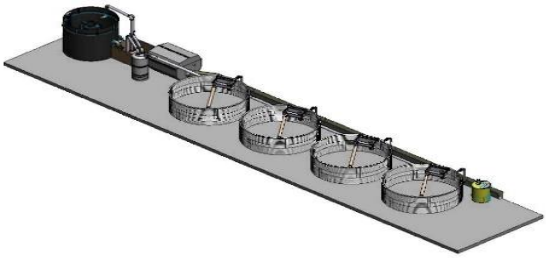


Рис. 2.2. Модуль типа «FTIE 10» для выращивания рыбы в условиях УЗВ

Система регенерации воды в УЗВ обеспечивает удаление из оборотной воды взвешенных веществ и растворенных метаболитов рыб, поддерживает оптимальный температурный, газовый и солевой режимы. Качество водной среды при выращивании рыбы в УЗВ определяется качеством исходной воды, технологией выращивания рыбы и эффективностью блока очистки.

2.2. Живорыбные бассейны

Использование бассейнов для содержания различных видов рыб на разных стадиях выращивания отличается рядом преимуществ. С их помощью возможно:

– увеличение плотности посадки рыбы до 100–150 кг/м^3 и более при высокой интенсивности водообмена;

– регулирование условий содержания рыбы, в том числе температурного и гидрохимического режимов;

– выращивание товарной продукции круглогодично;

– снижение потребности в площади для бассейновых установок;

– экономное использование воды путем регулирования интенсивности и характера водообмена;

– осуществление визуального контроля за рыбой в любое время;

– осуществление контроля за санитарным состоянием и проведение профилактических мероприятий;

– избегание появления «мертвых зон» при оптимальном устройстве водоподачи и водоспуска;

– самоочищение при определенной скорости потока в бассейне;

– создание условий для очистки воды при оборотной системе водоснабжения;

– избегание потерь от рыбоядных птиц и животных;

– размещение бассейновых установок под крышей, что значительно улучшает условия труда рыбоводов, а также дает возможность создавать необходимую освещенность, ликвидировать обрастание бассейнов;

– полная механизация и автоматизация всех рыбоводных процессов;

– уменьшение трудозатрат при эксплуатации (по сравнению с прудами и каналами).

Интенсивное рыбоводство предъявляет к бассейнам следующие требования:

– внутренняя поверхность бассейна должна быть гладкой, чтобы при соприкосновении с ней рыба не травмировалась;

– бассейны не должны выделять токсичных веществ в воду, должны быть прочными, удобными для транспортирования, доступными для очистки и стерилизации, коррозиестойкими, поверхность их не должна способствовать внедрению болезнетворных организмов в стенки.

Бассейны могут быть разборными и монолитными, находиться на открытой площадке или в закрытом помещении. В закрытых помещениях легче создавать условия, необходимые для содержания рыбы.

Различают следующие типы бассейнов: прямоугольные, круглые и вертикальные (силосы). Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки:

Прямоугольные бассейны, или лотки, как правило, являются прямоточными, и циркуляция в них может характеризоваться наличием «мертвых зон» и отдельных мелких завихрений. Продукты метаболизма культивируемых организмов скапливаются в «мертвых зонах»,

образуются участки, обедненные кислородом. Нахождение рыбы в такой зоне приводит к ее стрессу и гибели. Для того чтобы избежать данного явления, необходимо внимательно отнестись к конструкции втока и вытока в бассейне, расходу воды и другим параметрам. При недостаточной скорости потока в прямоугольных прямоточных бассейнах продукты жизнедеятельности и остатки корма скапливаются на дне бассейна.

Лотки Ейского типа и других подобных конструкций чаще всего используются для подращивания личинок (чаще всего карповых рыб). Это стеклопластиковые лотки размером 4,5×0,7×0,5 м. Размеры лотков разной конструкции могут несколько варьировать.

Лотки снабжены донным водосливом, состоящим из двух труб и фонаря для задержания личинок рыб (рис. 2.3).

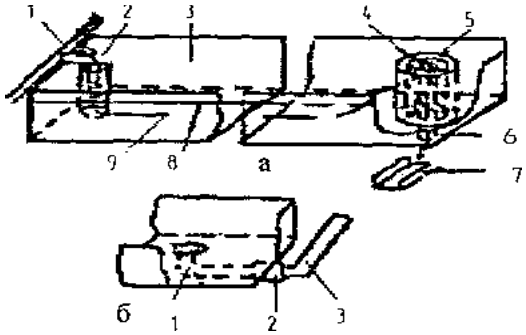


Рис. 2.3. Лоток для подращивания молоди:
а – схема лотка: *1* – водоподающая труба;
2 – рукав из мелкоячейного сита;
3 – лоток; *4* – водослив; *5* – фонарь из мелкоячейного сита;
6 – сбросная труба; *7* – сбросная канава;
8 – уровень воды в лотке; *9* – направление воды в лотке;
б – водослив с нижним сбросом воды: *1* – сбросная труба;
2 – поворотное колено; *3* – поворотная труба

Внутренняя труба поддерживает задаваемый уровень воды, а внешняя, приподнятая над дном лотка, обеспечивает сброс воды с нижних слоев. Каркас фонаря обтянут рукавом из капронового сита, номер которого зависит от периода подращивания. Удобны в эксплуатации водосливы типа «гусак» (рис. 2.3, *б*), состоящие из одной трубы с двумя коленами.

Одно колено (с устройством для крепления ко дну лотка с внешней стороны) неподвижно. Второму колену с помощью муфты придается

подвижность. Эту часть трубы можно поднимать или опускать поворотом вправо или влево, регулируя уровень воды в лотке. При полном опускании трубы обеспечивается спуск воды из лотка.

Для выдерживания предличинок сиговых рыб после вылупления используется специальный бассейн (рис. 2.4).

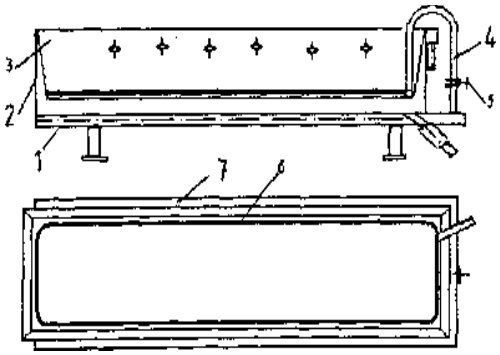


Рис. 2.4. Бассейн для выдерживания предличинок и подращивания личинок:
1 – рама; *2* – корпус бассейна; *3* – садок; *4* – шланг; *5* – вентиль; *6* – желоба; *7* – водораспределитель

В бассейн сажают при температуре воды не более 5 °С чира, муксуна, сига, омуля – 1 млн шт., пелядь – 2,5 млн шт., ряпушку, рипус – 3 млн шт. Расход воды составляет не более 0,3 л/с. Вместимость бассейна – 1 000 л. Габаритные размеры – 2 160×1 160 мм, высота – 900 мм.

Отход личинок (предличинок) при выдерживании составляет не более 3 %. Бассейн для выдерживания личинок сиговых рыб состоит из рамы и установленной на ней ванны. В ванне расположен садок, в котором находится водораспределитель.

Рама бассейна представляет собой сварную конструкцию, выполненную из стальных водо-газопроводных труб и уголков. К одной из продольных труб приварены с обоих концов ниппели. При установке бассейнов в ряд эти трубы соединяют между собой гибким шлангом, что и становится напорным трубопроводом. Рама снабжена ограничителями, фиксирующими бассейн в заданном положении. В верхней части бассейна по периметру с трех сторон просверлены отверстия для отвода воды, а с наружной стороны приварены желоба. На отфланцовке бассейна по периметру расположены винты

для крепления садка, сшитого из капроновой ткани. В верхней части садка пришиты петли, которыми он крепится к бассейну.

Водораспределитель представляет собой рамку, выгнутую из алюминиевой трубы круглого сечения. В рамке просверлено два ряда отверстий, через которые вода поступает в бассейн. Водораспределитель присоединяется к системе водоснабжения гибким шлангом. Рамка состоит из двух соединенных штуцерами частей для удобства чистки труб. Личинок загружают в бассейн с предварительно отрегулированным расходом воды. Количество загруженных личинок и расход воды зависят от вида рыбы и температуры воды. Расход воды регулируется вентилем. Вода подается водораспределителем по всему периметру бассейна, равномерно сливается через сливные отверстия в его стенках и по желобам отводится в канализацию. Такая система водообмена позволяет избежать возникновения застойных зон в садке и, следовательно, увеличить количество выдерживаемых либо подращиваемых личинок.

Фирмой EMF GmbH (Германия) поставляются бассейны продольного течения с приямком для фекалий и трубчатым отводом (рис. 2.5) объемом от 290 до 1 600 л, с боковым трубчатым отводом, вертикальным разделительным ситом объемом от 3 200 до 11 400 л (рис. 2.6). Кроме того, эта же фирма выпускает лотки с плоским дном четырех типоразмеров объемом от 300 до 735 л (рис. 2.7).

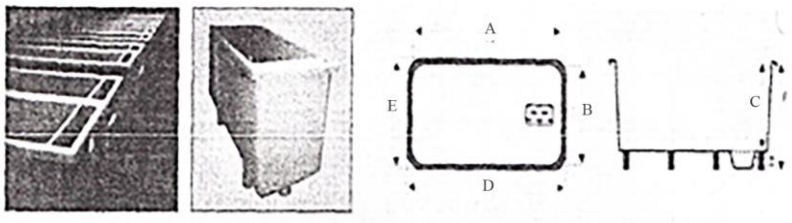


Рис. 2.5. Бассейн продольного течения на ножках с приямком для фекалий и трубчатым отводом:
A – длина внутренней стороны бассейна; *B* – ширина внутренней стороны бассейна; *D* – длина внешней стороны бассейна; *E* – ширина внешней стороны бассейна; *C* – глубина бассейна

Круглые бассейны с круговым током воды лучше прямоугольных, потому что, во-первых, в них нет «мертвых зон», где скапливаются продукты обмена и остатки корма, во-вторых, расположенный в центре поток воды способствует самоочищению бассейна, в-третьих, благодаря круговому току воды комбикорм дольше находится в толще

воды и доступен рыбе в большей степени. Таким образом, круглые бассейны самоочищаются лучше при меньшем расходе воды, чем прямоугольные того же объема.

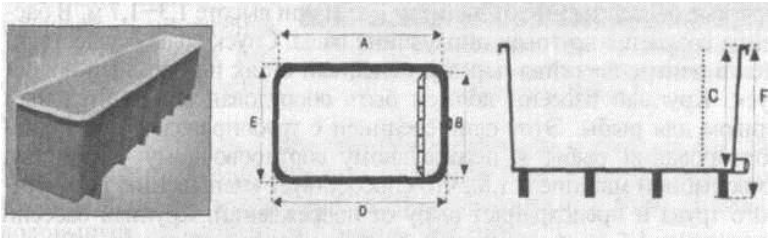


Рис. 2.6. Бассейн продольного течения на ножках с боковым трубчатым отводом и вертикальным разделительным ситом:
A – длина внутренней стороны бассейна; *B* – ширина внутренней стороны бассейна; *D* – длина внешней стороны бассейна; *E* – ширина внешней стороны бассейна; *C* – глубина бассейна; *F* – высота бассейна

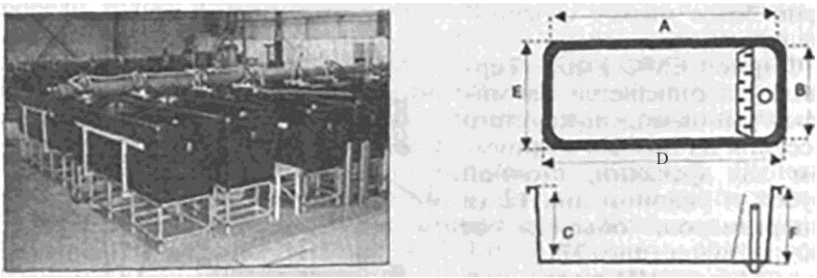


Рис. 2.7. Лотки с плоским дном, без ножек:
A – длина внутренней стороны бассейна; *B* – ширина внутренней стороны бассейна; *C* – глубина бассейна; *D* – длина внешней стороны бассейна; *E* – ширина внешней стороны бассейна

Круглые стеклопластиковые бассейны используются в основном для культивирования форели.

Круглые бассейны имеют диаметр 1,0–5,0 м при высоте 1,3–1,7 м. В бассейне создается круговая циркуляция воды. Спуск воды осуществляется в центре бассейна через уровненный стояк или донный водоспуск. Круглый бассейн должен быть оборудован дополнительным сливом для рыбы. Этот слив соединяется с трубопроводом для транспортирования рыбы к центральному сортировочному устройству, живорыбной машине и т. д., что способствует уменьшению доли руч-

ного труда и предохраняет рыбу от повреждений. Круглый бассейн диаметром 1,5 м предназначается для выращивания молоди, а диаметром 5 м – крупной радужной форели массой 3–4 кг. В центре бассейна вокруг уровенного стояка образуется «мертвая зона», которая тем больше, чем больше отношение диаметра бассейна к его глубине. Для этой зоны при подаче воды характерно более низкое содержание кислорода.

Фирмой EMF GmbH поставляется на мировой рынок модель круглого бассейна на ножках с приямком для фекалий, сточной трубой и уклоном дна двенадцати типоразмеров объемом от 450 до 2 800 л (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Круглые бассейны на ножках:
A – внутренний диаметр бассейна; *D* – внешний диаметр бассейна;
C – глубина бассейна; *F* – высота бассейна

СибрыбНИИпроект (Россия) разработал круглый бассейн (рис. 2.9) для подращивания личинок сиговых рыб в течение 2–3 недель. В одном бассейне можно одновременно подращивать не менее 0,5 млн личинок пеляди и других видов. По сравнению со стеклопластиковыми лотками в круглом бассейне плотность посадки личинок сиговых увеличена в 3–4 раза.

Фирма «Эвос» (Швеция) изготавливает круглые бассейны из стеклопластика диаметром от 3 до 9 м. Наиболее распространенный бассейн модели 2012/6 диаметром 6 м имеет площадь 28 м^2 и высоту стенки 1,75 м. Бассейн собирается в месте установки из 6 стеновых секций посредством болтовых соединений с последующей герметизацией швов.

Дно бассейна выполнено с уклоном к центру 1:10. В некоторых случаях бассейны поставляются вместе с разборным днищем из стеклопластика. В центре днища бассейна имеются два отверстия: одно (диметром 315 мм) предназначено для выпуска воды, другое (диаметром 200 мм) – для выгрузки рыбы. Открытие отверстий производится с помощью вертикальных телескопических стояков из полихлорвинило-

вых труб высотой 2 000 и 1 750 мм соответственно. Стояк водовыпуска нижней частью вставляется в сетчатое кольцо диаметром 320 и высотой 300 мм, укрепленное над водовыпускным отверстием. Подход к стоякам обеспечивается с помощью переходного мостика, на который крепится автоматический кормораздатчик или маятниковая автокормушка.

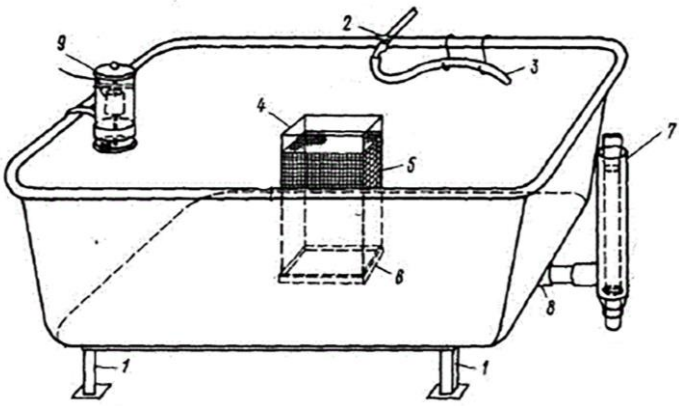


Рис. 2.9. Бассейн для подращивания личинок сиговых рыб:
1 – подставка для бассейна; *2* – водоподающий кран; *3* – резиновый шланг;
4 – металлический каркас фонаря; *5* – фильтр;
6 – деревянная рамка для крепления фонаря; *7* – уровенная труба;
8 – труба для стока воды из бассейна; *9* – кормораздатчик

Аналогичную конструкцию имеют и бассейны модели 2012/9. В соответствии со схемой, предложенной фирмой «Эвос», они устанавливаются в несколько рядов на открытой площадке. При монтаже бассейнов в грунте под ними прокладываются две системы линий трубопроводов: одна система труб – для сброса воды из бассейнов, вторая – для выгрузки рыбы из бассейнов. Трубы этих систем имеют взаимно перпендикулярное расположение, при этом трубы системы водосброса расположены под трубами системы выгрузки рыбы. Трубы линий системы выгрузки рыбы выходят к рыбоуловителю с камерой облова, оборудованной шнековым рыбоперегружателем. Для обеспечения ската рыбы площадка с бассейнами располагается на 1,5–2,0 м выше уровня площадки рыбоуловителя с камерой облова.

Квадратные бассейны, по сравнению с круглыми, при одинаковом объеме и расходе воды экономят свыше 20 % площади помещения. Однако в круглых бассейнах скорость течения обычно выше.

Все положительные качества прямоугольных и круглых бассейнов учтены при конструкции квадратных бассейнов с закругленными углами, в которых предусмотрен круговой ток воды (рис. 2.10). Донный водовыпуск располагается в центре бассейна.

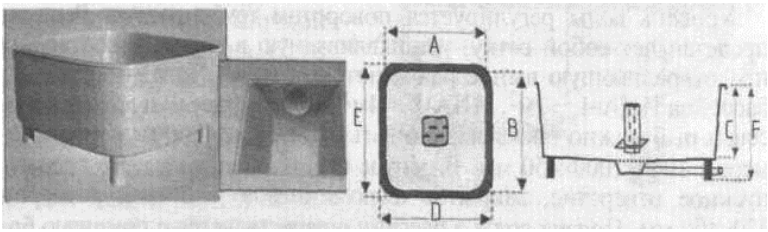


Рис. 2.10. Квадратный бассейн с закругленными краями
и круговым током воды:
A – длина внутренней стороны бассейна; *B* – ширина внутренней стороны бассейна;
D – длина внешней стороны бассейна; *E* – ширина внешней стороны бассейна;
C – глубина бассейна; *F* – высота бассейна

Характерным примером чаще всего используемых в отечественной аквакультуре квадратных бассейнов с закругленными краями являются бассейны ИЦА-1 и ИЦА-2 (рис. 2.11). Они предназначены для выращивания личинок, мальков лосося, форели, гольца и других видов лососевых рыб, а также осетровых.

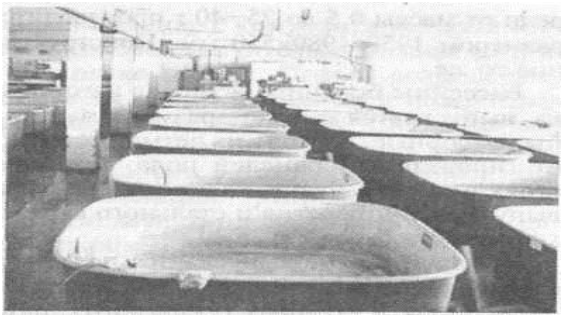


Рис. 2.11. Бассейновый цех Волгоградского осетрового
рыбоводного завода, оснащенный бассейнами ИЦА-1

В нижней части бассейна имеется водоотвод для осуществления водообмена. На боковой стенке имеется окно аварийного перелива, закрытое решеткой. В процессе водообмена вода от источника водоснабжения поступает в емкость, проходит через решетку, короб, изогнутый трубопровод и сбрасывается в канализацию.

Уровень воды регулируется поворотом трубопровода. Решетка представляет собой сетку, устанавливаемую в гнездо водоотвода и предотвращающую вынос рыбы потоком воды. Полезная площадь бассейна ИЦА-1 составляет 1 $м^2$, ИЦА-2 – 4 $м^2$.

Молодь форели и других лососевых рыб можно также выращивать в бассейнах фирмы «Эвос» размером 1 000×1 000×450 мм. В центре бассейна расположено водовыпускное отверстие, закрытое алюминиевой решеткой размером 330×400 мм. Подача воды в бассейн осуществляется с помощью боковой флейты. Уровень воды регулируется посредством поворотного или телескопического стояка водовыпуска, соединенного с центральным водовыпускным отверстием горизонтальной трубой, которая расположена под дном бассейна. Выращивание молоди форели от массы 0,5 до 25–40 г производится в квадратных бассейнах размером 1 950×1 980×550 мм. Конструктивное исполнение бассейнов то же.

Бассейны больших размеров изготавливаются из стеклопластика и выпускаются трех типоразмеров: 4×4 м, 5×5 м, 6×6 м. Эти бассейны являются разборными, состоят из четырех стенок и 5 или 9 (в зависимости от типоразмера) панелей пола, трубопровода с телескопическим стояком водовыпуска, алюминиевой решетки центрального водовыпускного отверстия и стального каркаса, поддерживающего верхнюю часть бассейна.

В настоящее время выпускается целая серия подобных квадратных стеклопластиковых бассейнов с закругленными углами, как монолитных, так и сборных секционных, размерами от 1×1 до 4×4 м и глубиной до 1,2 м для молоди и товарной рыбы. Бассейны большего размера, как правило, бывают секционного типа, в них содержат товарную рыбу и ремонтно-маточное стадо. Все эти бассейны оснащаются донным водовыпуском, расположенным в центре, и вынесенной наружу сливной арматурой поворотного, телескопического или комбинированного типа, съемными сливными решетками с различным размером ячеи. Циркуляция воды в квадратных бассейнах с закругленными углами имеет почти тот же характер, что и в круглом бассейне.

Фирма EMF GmbH предлагает бассейны с круговым течением на ножках с коническими стенками и дном шестнадцати типоразмеров объемом от 285 до 7 500 л.

В последние годы в практике рыбоводства начали применяться рыбоводные емкости, выполненные в виде силосов (вертикальные рыбоводные емкости). В качестве материала для их изготовления используются стеклопластик, металлы, а также ткани с водостойким покрытием.

Силосы представляют собой цилиндр с конусом, в котором оседают все загрязнения. Высота силосов значительно больше их ширины и может достигать нескольких метров. Подача воды осуществляется в верхней трети емкости. Выпуск осадков, а также отлов рыбы осуществляются через донный трубопровод. Силосные емкости можно делать из стали, алюминия, стекловолокна, пластмассы, полиэфирного шелка. В них можно выращивать форель, карпа, растительноядных рыб, угрей и тиляпий. Устройство силосных емкостей позволяет экономить полезную площадь рыбоводных цехов, т. е. значительно увеличивать объем воды на ограниченной площади. Силосные емкости можно сооружать как на улице, так и в закрытом помещении.

Конструктивно силос представляет собой металлическую раму, к которой подвешена конусообразная емкость из эластичного тканевого материала. Водообмен в силосе производится путем подачи воды с помощью кольцевого водораспределителя, расположенного в нижней части емкости, и выпуска воды через цилиндрическую сетчатую водоприемную трубу в ее верхней части. Верхнее расположение водоотводного отверстия способствует удалению из силоса различных плавающих образований. В средней части оболочки силоса имеется вставка из прозрачного материала для наблюдения за рыбами. Нижняя часть силоса завершается патрубком, через который осуществляются залповые сбросы воды для удаления накопившегося осадка, а также полный слив воды и выгрузка рыбы. Закрытие патрубка производится с помощью ручного зажима или заслонок с ручным, электрическим или пневматическим приводами. Одним из наиболее современных силосов является тканевый рыбоводный силос, конструкция которого разработана в Германии (рис. 2.12).

Современные направления в развитии оборудования для бассейновых хозяйств связаны в первую очередь с определившейся тенденцией к интенсивному выращиванию товарной рыбы в пресной и, особенно, морской воде в береговых сооружениях. В связи с этим широкое применение получили крупногабаритные рыбоводные бассейны облегченной конструкции, чаще всего разборные. Их сборка осуществляется на месте установки на любой относительно ровной площадке с помощью заклепок или болтовых соединений с проклеиванием или герметизацией швов.

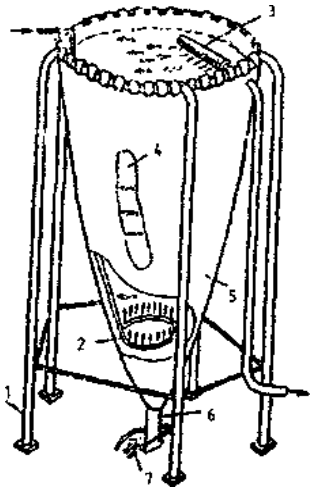


Рис. 2.12. Тканевый рыбоводный силос:
1 – металлическая рама; *2* – кольцевой водораспределитель;
3 – водоприемная труба; *4* – вставка для наблюдения;
5 – конусообразная емкость; *6* – патрубок; *7* – зажим

Сборные бассейны могут использоваться как в период пиковых нагрузок, так и постоянно для подращивания молоди, выращивания рыбы или содержания производителей.

Использование крупногабаритых рыбоводных бассейнов для выращивания рыбы позволяет осуществлять контроль и управление рыбоводными процессами, а также механизировать все трудоемкие операции, включая облов, взвешивание и погрузку живой рыбы.

Кроме этого, широко используются бассейны с изменяемыми объемами, что позволяет снижать общую стоимость оборудования для подращивания рыб и экономии места для его установки.

Фирма GEMINI POOLS LTD предлагает круглые бассейны диаметром 1,5 м и высотой 1,2 м, объем которых по мере необходимости может быть увеличен до требуемой величины за счет добавления центральных секций (рис. 2.13). Также применяются сборные прямоугольные лотки, представляющие собой каркас из гальванизированных стальных и алюминиевых труб, к которому крепится емкость, выполненная из высокопрочной ткани, покрытой поливинилхлоридом. Данные лотки могут устанавливаться за несколько минут на любой относительно ровной грунтовой площадке. Лотки отличаются длительным

сроком эксплуатации (около 20 лет), малыми размерами в упакованном виде (тканевая часть 0,6×0,4×0,3 м, каркас 3,24×0,8×0,2 м). Лотки поставляются в виде секции размерами 3 000×1 660×600 мм и объемом 2 950 л и могут иметь длину 3, 6, 9 м (рис. 2.14).



Рис. 2.13. Разборный рыбоводный бассейн

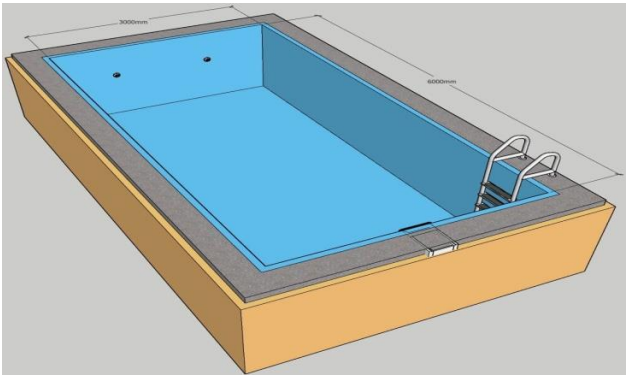


Рис. 2.14. Пленочный бассейн

Изготавливаются и используются в рыбоводстве круглые разборные бассейны диаметром от 2,56 до 33 м, собираемые из стальных листов со специальным покрытием из кварцевого стекла, нанесенным методом наплавления (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Крупногабаритные бассейны из эмалированной стали

Бассейны всех диаметров собираются из стеновых листов длиной 0,85 м и высотой 1,46 м. За счет создания 1-, 2-, 3- и 4-поясной конструкции из этих листов высота бассейнов может составлять 1,46; 2,85; 4,26 и 5,65 м. Однопоясной бассейн максимального диаметра (33 м) собирается из 38 листов, наименьшего (2,56 м) – из трех листов. Покрытие стеновых листов специальным кварцевым стеклом обеспечивает надежную защиту металла от коррозии, гладкую, удобную для очистки и дезинфекции поверхность, стойкость к обрастанию водной растительностью на длительный срок эксплуатации (до 20 лет). Бассейны собираются с помощью клея и болтовых соединений.

2.3. Разновидности емкостей для транспортировки рыбы в аквакультуре

Среди многочисленных проблем, решение которых определяет успех аквакультуры, значительное место занимает транспортировка объектов разведения. Жизнеспособность рыб и успех при зарыблении водоемов зависят не только от качества рыбы, но и от правильно организованной перевозки, которая является достаточно важным биотехнологическим звеном в реализации мер по воспроизводству и сохранению запасов ценных промысловых рыб.

Для перевозки водных организмов используется множество транспортных емкостей. Выбор того или иного вида емкости зависит от особенностей перевозимого объекта и экономических показателей пе-

ревозки. Проблема определения оптимальных норм посадок усложняется тем, что условия транспортировки водных организмов довольно разнообразны. На различных стадиях развития (от икры до производителей) у рыб наблюдается разный уровень обмена веществ на единицу массы и весьма широкий диапазон специфических требований к условиям среды, поэтому при транспортировке очень важно учитывать физиологическое состояние рыбы. Единых принципов расчета норм посадок объектов аквакультуры во все транспортировочные емкости в настоящее время не существует, поэтому их следует рассчитывать исходя из специфических особенностей той или иной емкости.

Характеристика основных транспортировочных емкостей приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1. **Характеристика основных транспортировочных емкостей**

Наименование емкости	Объем воды	Система аэрации
Суда	185 т	Смена воды. Продувание воды кислородом
Прорези	30 т	Смена воды
Вагоны	30 т	Распыление воды через форсунки
Машины	3 т	Продувание воды воздухом или кислородом
Чаны	2 т	Механическое перемешивание во время движения
Канны металлические	25–30 л	–
Канны из оргстекла	40 л	Продувание воды кислородом
Пакеты	20–300 л	Определенный запас кислорода
Пакеты с аэрационным устройством	20–300 л	Определенный запас кислорода и продувание воды кислородом
Бидоны	35 л	Определенный запас кислорода

Живую рыбу перевозят в воде и очень редко без воды. Для перевозки рыбы применяют различные виды транспорта: гужевой, автомобильный, железнодорожный, водный и воздушный. Для данных целей можно использовать любые емкости: брезентовые чаны, молочные фляги, полиэтиленовые пакеты, металлические контейнеры, водовозы, молоковозы, а также специализированный живорыбный транспорт: машины, вагоны.

Личинок внутри хозяйства чаще всего перевозят в стандартных молочных бидонах вместимостью около 40 л. В одном таком бидоне в течение двух часов можно транспортировать до 200 тыс. неподрощенных личинок карпа и до 100 тыс. растительноядных рыб. В одном бидоне подрощенных личинок карпа – соответственно до 16 тыс. экземпляров и подрощенных личинок растительноядных рыб – до 8 тыс.

экземпляров. Рыбу внутри хозяйства очень часто перевозят в брезентовых чанах. Перед транспортировкой рыбы и после нее чаны дезинфицируют раствором извести.

Живорыбные вагоны предназначены для перевозки рыбы различного возраста на дальние расстояния. Вода аэрируется с помощью форсунок и в виде капель падает в резервуары. Для снижения температуры воды используют лед. Предварительно воду в резервуарах аэрируют в течение одного часа. Система аэрации должна быть включена и в период погрузки рыбы. При перевозке молоди размером 1–20 г всасывающие клапаны насосов и резервуаров обтягивают делью или сеткой для предотвращения попадания молоди в магистральные трубы аэрационной системы.

Автомашины для перевозки живой рыбы имеют автоцистерну вместимостью 2 400 л. Производительность воздушного компрессора цистерны составляет 10 $м^3$/ч. В ее передней части находится емкость для льда для охлаждения воды и хранения снулой рыбы. В задней стенке цистерны имеется люк с воздушным рукавом, через который выпускают рыбу.

Для перевозки рыбы применяют автоцистерны АЦПТ-2,8/53А, АЦЖР-3, живорыбный автопоезд ИКА-4.

Автоцистерну АЦЖР-3 монтируют на автомашину ЗИЛ-164. Вместимость цистерны составляет 3 $м^3$. В ней можно перевозить до 1 400 кг рыбы. Заполнение цистерны водой осуществляется вакуумным насосом. Загружают рыбу с помощью пневмоподъемника, разгрузка осуществляется через отверстие в нижней части задней стенки цистерны, снабженное рукавом диаметром 250 мм. Аэрацию воды в цистерне проводят при помощи компрессора.

Для перевозки рыбы используют также съемные контейнеры, изготовленные из различных материалов.

Контейнеры TRANSPORT (LINN) выполняются из стеклопластика двух базовых размеров 120×95 см и 160×25 см. Высота в двух вариантах составляет 75 см и 95 см. Стенки контейнеров в верхней части закруглены. Такая конфигурация уменьшает волнение воды внутри контейнера при транспортировке рыбы. Контейнеры оборудованы стандартным верхним люком (93×63 см), который позволяет погружать рыбу с помощью сачка. Механизм замка, встроенный в крышку, полностью исключает повреждение рыбы. В контейнере устанавливаются решетка на сливе и шаровой кран (рис. 2.16).

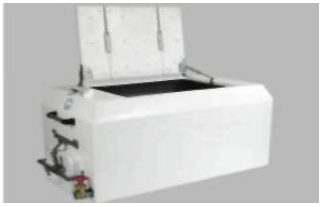
Живорыбный контейнер для перевозки рыбы (2 500 л) устанавливается на транспортное средство в специальном каркасе. Контейнер выполняется двухслойным с внутренним слоем из вспененного полиэтилена толщиной 15–20 мм. Стенка контейнера обеспечивает изменение температуры со скоростью не выше 1 град/ч. Контейнер оборудован двумя люками для загрузки и выгрузки рыбы. Верхний люк размером 720×580 мм крепится к емкости петлями, фиксируется двумя резиновыми запорами и снабжается устройством для выхода воздуха. Нижний люк имеет размеры 360×90 мм. В нижней части контейнера имеется сливной кран с воронкогасителем на 2 дюйма, который снабжен быстросъемным соединением и защитой от попадания рыбы в сливное отверстие (рис. 2.17).



а



б



в

Рис. 2.16. Контейнеры TRANSPORT (LINN):
а – круглый шлюз; *б* – стандартный шлюз; *в* – крышка с газовым амортизатором

Сеголеток, годовиков, а также товарную рыбу, производителей и ремонт перевозят в специальных съемных контейнерах, изготавливае-

мых из листового пищевого алюминия объемом 1,8 м^3. Контейнеры устанавливают в кузове автомобиля или трактора. Вода в них может аэрироваться с помощью бензокомпрессорной установки, смонтированной в платформе автомобиля. В них не предусмотрена теплоизоляция, поэтому зимой перевозить в них живую рыбу не рекомендуется.



Рис. 2.17. Контейнер для перевозки живой рыбы

Для перевозки рыбы на небольшие расстояния используют малогабаритные ручные тележки (ТУ-250А, УТР-0,3), а также грузовые мотороллеры МГ-150. Ручные тележки применяют для перевозки личинок карпа и других рыб из инкубационного цеха, нерестовых прудов в другие категории прудов, используя небольшие контейнеры, бидоны или полиэтиленовые пакеты.

Живую рыбу можно перевозить и без воды. Чаще всего так поступают с товарной рыбой. Чем ниже температура воздуха, тем может быть длительнее перевозка, но она не должна превышать более 2–4 ч для рыб различных возрастных категорий. Температура воздуха при этом не должна быть ниже 0 °С, чтобы у рыб не произошло обмораживание жабр. Рыбу помещают в лотки или ящики в один-два слоя. На дно укладывают влажную марлю или траву. Ящики укладывают один на другой в стопку по 7–8 шт., орошают обильно водой и закрывают брезентом. Дно ящиков должно иметь отверстие для стока воды.

В настоящее время распространена доставка товарной рыбы, переложенной мелким льдом, в сетчатых пластиковых лотках. Практически каждое современное рыбоводное хозяйство имеет ледогенератор, с помощью которого получают кусочки льда различной величины. Лотки укладывают друг на друга. Получившийся пакет лотков (около 1 т рыбы, можно меньше, в зависимости от объема поставки) обматывают широким скотчем, и рыба готова к перевозке. Такой прямоугольный пакет лотков легко грузить, перемещать с помощью погрузчиков.

Такой способ перевозки товарной рыбы в летнее время сохраняет рыбу свежей в течение двух суток при температуре около 0 °С, при этом она не замораживается и не теряет своих вкусовых качеств.

Для перевозки молоди рыб, производителей и кормовых беспозвоночных используют вагоны типа В-20 и В-329, оснащенные двумя резервуарами общей вместимостью 30 т. Вода аэрируется в них с помощью 120 форсунок и в виде мелких капель попадает в резервуары. Живорыбный вагон В-20 представляет собой двухосный вагон с двумя резервуарами: большим и малым. Рядом с ними расположены баки для льда. Вместимость резервуаров для рыб составляет 30,5 $м^3$. Вагон В-329 отличается от вагона В-20 тем, что в нем имеется холодильная установка. Вместимость резервуаров составляет 29 $м^3$.

Предварительно воду в резервуарах необходимо проаэрировать в течение 1 ч и не выключать аэрационную систему даже во время погрузки рыбы. В пути необходимо отбирать снулую рыбу. При перевозке молоди рыб массой 120 г всасывающие клапаны насосов и резервуаров обтягивают мелкоячейной капроновой делью или латунной сеткой, для того чтобы не допустить попадания рыбы в магистральные трубы аэрационной системы и избежать засорения форсунок.

Живорыбный автопоезд ИКА-4 состоит из автомашины ЗИЛ-130 и прицепа. На автомашине и прицепе устанавливают четыре съемных контейнера общей вместимостью 8 $м^3$. Они вмещают 4 000 кг рыбы. Контейнеры оборудованы аэрационным устройством.

Широкое применение для перевозки личинок рыб получили также полиэтиленовые пакеты благодаря положительным качествам. Перевозка в пакетах исключает возможность переноса заболеваний, так как пакет используется одноразово. Прозрачность пакета позволяет вести наблюдение за перевозимой рыбой. Плотность посадки рыбы в пакеты во много раз выше по сравнению с посадкой в открытые емкости. Существует два типа пакетов: стандартные (вместимостью 40 л) и крупногабаритные (до 300 л), которые используются для перевозки крупных рыб. Пакеты изготовляют из полиэтиленового рукава шириной 40–80 см, толщиной пленки 0,07–0,15 мм. Стандартный пакет объемом 40 л изготовляют из рукава шириной 50 см, длиной 95 см. Для увеличения надежности их делают из нескольких слоев полиэтилена.

Перед транспортировкой в пакет наливают воду с личинками рыб. Плотность посадки личинок карпа составляет 2–2,5 тыс/шт., растительноядных рыб при перевозке на небольшие расстояния – до 7 тыс/л,

а при длительной перевозке – до 2 тыс/л. Затем в пакет вставляют резиновую трубку длиной 5–6 см и подают кислород (рис. 2.18). Верхнюю часть пакета с трубкой завязывают изоляционной лентой и для герметичности зажимают специальным зажимом. Приготовленные пакеты помещают в картонные коробки и транспортируют любым видом транспорта. Упакованный таким образом пакет можно транспортировать продолжительное время и на большие расстояния. Если во время транспортировки ожидается резкая смена температуры, то в картонные коробки вокруг пакетов следует помещать теплоизоляционный материал (вату, поролон, бумагу).

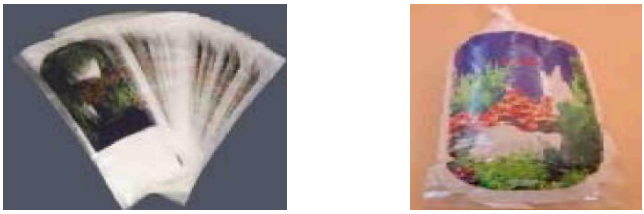


Рис. 2.18. Пакеты с кислородом

Пакеты перевозят и россыпью, без упаковки. Для этого в кузов автомашины укладывают солому, закрывают ее брезентом, на который укладывают пакеты. При этом пакеты связывают.

В полиэтиленовых пакетах возможна и перевозка крупной рыбы. Размеры пакетов варьируют в зависимости от величины перевозимой рыбы. Максимально пакеты достигают 300 л.

Для перевозки личинок и молоди можно применять различные модификации транспортировочных емкостей (канны). Канны изготавливаются преимущественно из стеклопластика. Основным их достоинством являются прочность и в то же время легкость.

2.4. Особенности технического оснащения бассейнового хозяйства

Бассейновые рыбоводные хозяйства, по сравнению с садковыми, имеют большие преимущества:

– возможность увеличения плотности посадки рыбы до 100–150 кг/м^3 и более при высокой интенсивности водообмена;

– возможность регулировать условия содержания рыбы, в том числе температурный и гидрохимический режимы;

– круглогодичное выращивание товарной продукции;

– снижение потребности в площади для бассейновых установок;

– экономное использование воды путем регулирования интенсивности и характера водообмена;

– визуальный контроль за рыбой в любое время;

– контроль за санитарным состоянием и проведение профилактических мероприятий;

– возможность избегать появления «мертвых зон» при оптимальном устройстве водоподачи и водоспуска;

– самоочищение при определенной скорости потока в бассейне;

– наличие условий для очистки воды при оборотной системе водоснабжения;

– возможность избегать потерь от рыбоядных птиц и животных.

Бассейновые хозяйства представляют собой систему бассейнов, в которых выращивают рыбу различного вида и возраста (карп, форель, осетровые, сомовые и др.) при плотных посадках, большой проточности воды и интенсивном кормлении сбалансированными кормами.

Бассейновые хозяйства подразделяются на тепловодные, использующие воду ТЭС, АЭС, ГРЭС, и холодноводные, использующие естественные источники воды. В бассейновых хозяйствах возможна полная механизация и автоматизация рыбоводных процессов, имеются условия для очистки воды и оборотной системы водоснабжения. Бассейны для выращивания рыбы располагают как на открытых площадках, так и в закрытых помещениях. Эффективность выращивания рыбы определяется интенсивностью водообмена и качеством воды. Водоснабжение осуществляется механически, поэтому нужны водозаборные сооружения, насосная станция, водоподающий и сбросной каналы, сооружения для очистки воды. Циркуляция воды осуществляется с одновременным обогащением ее кислородом, при этом каждый бассейн имеет самостоятельную циркуляционную систему.

Бассейновые хозяйства оборудуют следующими сооружениями и устройствами:

– водовыпуском, который обеспечивает пропуск расчетных расходов для промывки и подпитки, регулирование расхода водоподачи, распределение подаваемой воды по ширине бассейна, дополнительного аэрирования воды;

– водопуском, который обеспечивает поддержание уровней воды и сброс расчетных расходов, создание проточности в бассейне, отвод из бассейна выращенной рыбы, полное опорожнение бассейна;

– эрлифтовой установкой (при оборотном водоснабжении), обеспечивающей требуемый оборотный расход воды в бассейне, насыщение воды кислородом и подъем воды на требуемую высоту;

– устройством для измерения уровня воды в бассейне;

– устройством для измерения расхода воды.

Конструкции бассейнов обеспечивают полное использование площади бассейна без застойных зон, свободный вынос взвешенных веществ и смыв продуктов жизнедеятельности рыб, свободный скат рыбы при облове. Вода в бассейн подается через отверстие водовыпускного сооружения и распространяется по ширине бассейна при помощи специальных устройств. Уровень и расход сбрасываемой воды регулируются устройством, позволяющим сбрасывать воду из различных слоев. Бассейны располагают таким образом, чтобы на одной линии размещались бассейны с одинаковым подпиточным расходом. Подход к бассейнам обеспечивается не менее чем с двух сторон.

3. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

3.1. Природные источники, используемые для водоснабжения

Для снабжения водой рыбоводных хозяйств используют практически все природные источники – реки, озера, водохранилища, подземные воды.

Реки – мощные источники, обеспечивающие полностью потребность в воде рыбоводных хозяйств. Минимальные расходы воды в реке должны быть больше водопотребления (с учетом требований и других потребителей). При недостаточном расходе выявляют возможность регулирования стока реки путем строительства подпорных плотин и создания водохранилищ. Для решения вопросов, связанных с определением достаточности расхода в реке предварительными исследованиями и изысканиями, устанавливают график расхода воды в реке и в особенности минимальные расходы в засушливые периоды, обеспеченность стока, колебания уровней воды в реке, максимальные и минимальные их отметки. Качество воды в реке не везде одинаково. Вблизи источников загрязнения (населенные пункты, промышленные предприятия) сточные воды, стекая в реку, загрязняют ее. Вода в реках имеет способность самоочищения, которое происходит в результате физико-химических и биологических процессов – окисления органических веществ растворенным в воде кислородом, переводя их в минеральные. На процессы окисления значительно влияют скорость движе-

ния воды в реке, ветер, температура воды и другие факторы, способствующие быстрейшему перемешиванию сточных и речных вод. Качество речной воды изменяется также и по вертикали. Придонные слои имеют большую мутность, чем средние и верхние. Особенно большая загрязненность придонных слоев бывает при паводке. Так называемое цветение воды, обусловливаемое чрезвычайно большим развитием различных мелких водорослей, может ухудшать качество верхних слоев (иногда цветение некоторых видов водорослей наблюдается в средних слоях). Кроме взвесей, в речной воде могут находиться различные плавающие предметы (водоросли, щепа, ветви и др.), которые могут закупоривать водоприемные отверстия водозаборов.

Озера являются также источником водоснабжения рыбоводных хозяйств. Возможность их использования для водоснабжения определяется водохозяйственными расчетами: полезный объем воды в водоеме с учетом потерь на испарение, фильтрацию, заиление должен превышать объем годового водопотребления. Бактериологическое загрязнение воды в озерах зависит от санитарного состояния площади водосбора, глубины чаши: наиболее чистая вода в озерах бывает вдали от берегов. В зоне мелководий (глубина менее 2 м) качество воды обычно хуже. Часто в озерах в летнее время наблюдается «цветение» воды, вызываемое фитопланктоном, при этом вода в озере «зеленеет» и качество ее ухудшается. Большей частью водоросли развиваются в верхних слоях воды до глубины 1–1,5 м. Во время половодья и ливней вода приносит много взвесей, которые вызывают заиление озера. Наиболее интенсивно заиливается прибрежная зона озера, в особенности в местах впадения оврагов и балок. Для борьбы с заилением вокруг озера создают лесополосы, закрепляют овраги и не распахивают склоны.

Водохранилища представляют собой заполненные водой понижения поверхностного рельефа. По условиям питания водохранилища разделяются на бессточные, или глухие, и имеющие сток, или проточные. Кроме того, имеются водохранилища, которые питаются подземными водами (родниковое питание). Биологический, химический, гидрологический режимы естественных и искусственных водохранилищ зависят от стока, рельефа и других факторов. В зависимости от условий питания и режима водохранилища качество воды в нем претерпевает определенные изменения. Снеговые и дождевые воды при стоке в водохранилище растворяют по пути ряд веществ, содержащихся в почвах водосборной площади. Попадая в бессточное водохранилище, эти воды частично испаряются, и концентрация солей в воде водохранилища увеличивается. Кроме того, вода обогащается солями из грун-

тов ложа водохранилища. Такой режим питания водохранилища ведет к его постепенному засолению. Цветение воды в водохранилище объясняется бурным периодическим развитием некоторых видов водорослей (синезеленых, диатомовых, кремневых и др.). Цветение обычно наблюдается в верхних слоях воды. Но ветер перемешивает воду в водохранилище и увеличивает количество водорослей и в нижележащих слоях. Санитарные качества воды водохранилищ в значительной степени зависят от тщательности и полноты проведения мероприятий по очистке ложа водохранилища до его заполнения. При создании водохранилищ предусматривают мероприятия по борьбе с их заилением и эрозией почв в береговой зоне. Для задержания поверхностного стока и улучшения его качества до поступления в водохранилища производят посадку в береговой зоне водохранилища защитных полос зеленых насаждений.

Подземные воды залегают на различных глубинах и в различных породах. По характеру положения в толще горных пород, условиям залегания и гидрогеологическим особенностям принято выделять три основные группы подземных вод: верховодку, грунтовые и артезианские.

Верховодкой называют ближайшие к поверхности воды, не отличающиеся постоянством во времени и не имеющие сплошного распространения (почвенные и болотные, расположенные на небольших линзах водоупорных пород).

Грунтовые воды – это подземные воды первого от поверхности постоянно действующего водоносного горизонта, расположенного на первом выдержанном по площади водоупорном слое. Грунтовые воды имеют свободную водную поверхность, т. е. являются безнапорными.

Артезианские воды заключены в водоносных пластах, расположенных между водоупорными слоями, и являются напорными. В местах выхода водоносных пластов на поверхность земли образуются родники, или ключи. Родники появляются также в тех местах, где вода из напорных водоносных пластов поднимается на поверхность земли по отдельным трещинам и пустотам водонепроницаемых пород, перекрывающих водоносный пласт.

3.2. Общая характеристика источников водоснабжения и требования, предъявляемые к ним

Вода источников должна удовлетворять следующим требованиям:
– отвечать биологическим особенностям выращиваемых видов рыб;

– обеспечивать выращиваемой рыбе товарные качества;

– предотвращать накопление ядовитых веществ в рыбе;

– не содержать веществ, портящих вкус или придающих рыбе неприятный запах;

– не должна быть источником заболеваний рыб.

Качество воды источников характеризуется физическими и химическими показателями.

Физическими показателями являются ее температура, прозрачность и мутность, цветность, привкус и запах.

Температура воды природных вод зависит от их происхождения. Воды подземных источников отличаются постоянством температуры, причем с увеличением глубины залегания вод сезонные колебания температуры уменьшаются. Температура вод открытых водоемов (рек, водохранилищ) претерпевает значительные изменения, связанные с нагреванием и остыванием водоемов. Помимо сезонных изменений на температуру воды в отдельных местах открытых водоемов влияет поступление в них подземных вод.

Прозрачность – одно из важных физических свойств воды. Степень прозрачности воды зависит от количества растворенных в ней органических и минеральных веществ. В летний период прозрачность зависит в значительной мере от развития водорослей. Значение прозрачности зависит от интенсивности протекания процессов фотосинтеза в толще воды.

Мутность воды поверхностных источников объясняется наличием в них взвешенных частиц глины, песка, ила, органических взвесей и т. п. Причиной мутности речных и озерных вод могут быть составные части почв и горных пород, вымываемые реками из своего русла, а также твердые осадки, смываемые дождями с почвы лесов, лугов и улиц населенных пунктов. «Ливневый смыв» в период сильных дождей повышает мутность воды в несколько раз, в больших водоемах замутнение воды у берегов происходит за счет взмучивания осадков со дна вследствие волнения в ветреную погоду. Мутность воды в реках в различные времена года значительно изменяется, причем она резко возрастает весной в период паводка. Наименьшая мутность речной воды наблюдается в зимнее время, когда река покрыта льдом.

Цветность воды зависит от содержания в ней органических веществ растительного происхождения, так называемых гумусовых, которые придают воде буроватый оттенок. При попадании в воду отходов различных производств ее цвет может изменяться в зависимости

от окраски загрязняющих веществ. При «цветении» водоемов в зависимости от вида организмов вода приобретает то светло-зеленую окраску, то зеленовато-бурую (при развитии диатомовых водорослей), то изумрудно-зеленую (при развитии синезеленых).

Привкус и запах воды. Природная вода обладает вкусом и запахом. Различают четыре вида вкуса воды: соленый, сладкий, горький и кислый. Избыток $MgSO_4$ вызывает горький вкус, а избыток NaCl – соленый. Кислый вкус имеют минеральные воды при избытке растворенной углекислоты. Запахи воды по характеру бывают двух видов: запахи естественного происхождения и запахи искусственного происхождения.

Причиной запахов естественного происхождения может быть химический состав примесей воды, живущие и отмершие в воде организмы, загнивающие растительные остатки, специфические органические соединения, выделяемые некоторыми водорослями и микроорганизмами. К этой группе запахов относят ароматический, болотный, гнилостный, древесный, землистый, запах плесени, рыбный, травянистый, неопределенный.

Запахи искусственного происхождения, обусловленные примесями некоторых промышленных сточных вод, именуют по вызывающим их веществам: фенольный, хлорфенольный, нефтяной.

Загрязнению пахнущими веществами больших объемов воды способствует перемешивание их ветрами и паводками. Характер и интенсивность запаха и вкуса воды определяются органолептически (при помощи органов чувств).

К химическим определениям относятся следующие: установление активной реакции воды, окисляемости, азотосодержащих веществ, растворенных в воде газов, жесткости и щелочности воды, хлоридов, сульфатов, марганца, железа и других элементов.

Активная реакция воды, т. е. степень ее кислотности или щелочности, характеризуется количественно концентрацией водородных ионов, или, вернее, их активностью. Для большинства природных вод величина pH изменяется в пределах 6,5–8,5. На величину pH влияет повышенная концентрация гуминовых кислот или загрязнение водоема стоками промышленных предприятий.

Окисляемость воды. Наличие в природных водах органических и некоторых легкоокисляющихся неорганических примесей (сероводорода, сульфитов, закисного железа и др.) обусловливают определенную величину окисляемости воды. В связи с этим окисляемость по-

верхностных вод объясняется главным образом наличием в них органических веществ. Окисляемость природных вод, особенно поверхностных, не является постоянной величиной. Изменение химической характеристики поступающих в воду веществ меняет показатель их окисляемости. Внезапное повышение окисляемости воды всегда является следствием загрязнения ее бытовыми стоками. Окисляемость определяют путем обработки исследуемой воды марганцовокислым калием ($KMnO_4$). Наименьшей величиной окисляемости (около 2 мг/л O_2) характеризуются артезианские воды. Грунтовые незагрязненные воды имеют окисляемость, близкую к окисляемости артезианских вод. Окисляемость чистых озерных вод в среднем составляет 5–8 мг/л O_2, а в речной воде окисляемость колеблется в широких пределах, доходя до 60 мг/л и более. Высокой окисляемостью воды отличаются реки, бассейны которых расположены в болотистых местностях.

Азотосодержащие вещества (ионы аммония, нитритные и нитратные) образуются в воде, главным образом, в результате разложения белковых соединений, попадающих в нее всегда со сточными водами, стоками содовых, азотнотуковых и других заводов. Белковые вещества под действием микроорганизмов подвергаются распаду, конечным продуктом которого является аммиак. Иногда в воде встречаются ионы аммония неорганического происхождения, образующиеся в результате восстановления нитратов и нитритов гумусовыми веществами, сероводородом, закисным железом и т. д. Нитраты могут образовываться и при электрических грозовых разрядах в результате окисления азота кислородом воздуха или при растворении нитратных солей почвенными водами. Восстанавливаясь, нитраты служат источником обогащения воды нитритами. В поверхностных водах содержатся главным образом нитриты (количество их невелико – 0,001–0,003 мг/л). В артезианских водах содержание нитритов может достигать десятых долей миллиграмма в литре.

Хлориды и сульфаты. Благодаря большой растворимости хлористых солей ионы хлора содержатся почти во всех водах. Так, растворимость NaCl составляет 360 мг/л, а $MgCl_2$ – 545 мг/л. Причиной наличия большого количества хлоридов в воде может быть вымывание поваренной соли или других хлористых соединений из соприкасающихся с водой пластов пород, а также попадание в воду различных бытовых стоков. В реках и пресных озерах содержание сульфат-ионов обычно колеблется в пределах 60–100 мг/л.

Щелочность воды. Под общей щелочностью воды подразумевается сумма содержащихся в воде гидроксильных ионов (OH^-) и анионов слабых кислот – угольной (ионов HCO_3^-, CO_2^-) и др. Поскольку в большинстве природных вод преобладают углекислые соединения, различают обычно лишь бикарбонатную и карбонатную щелочность.

Жесткость воды. Жесткость природных вод обусловливается наличием в них ионов кальция и магния. Общая жесткость воды состоит из карбонатной и некарбонатной жесткости.

Железо и марганец. Железо в природных водах может находиться в виде ионов двух- и трехвалентного железа, в виде коллоидов, в виде комплексных соединений, в виде тонкодисперсной взвеси. В подземных водах при отсутствии растворенного кислорода железо обычно находится в виде двухвалентных солей. Форма, в которой присутствуют в природных водах железо и марганец, зависит от величины pH и содержания кислорода. В поверхностных водах железо содержится в виде органических комплексных соединений, коллоидов или тонкодисперсных взвесей.

Растворенные в воде газы. Из растворенных в воде газов наиболее важными для оценки ее качества являются углекислота, кислород, сероводород, азот. **Углекислота** встречается в больших или меньших количествах во всех природных водах. Подземные воды обогащаются углекислотой за счет разложения органических соединений в воде и почвах. Содержание углекислоты в природных водах колеблется от нескольких долей миллиграммов до нескольких сотен миллиграммов в 1 литре. **Кислород** в природных водах находится в различных концентрациях (0–14 мг/л). Обогащение воды кислородом происходит за счет растворения его из воздуха и выделения водной растительностью в процессе фотосинтеза. **Сероводород** попадает в природные воды в результате их соприкосновения с гниющими органическими остатками либо с некоторыми минеральными солями. **Азот** попадает в природные воды при поглощении его из воздуха, при восстановлении соединений азота денитрифицирующими бактериями, а также при разложении органических остатков.

Воды подземных источников, особенно глубоко залегающие артезианские воды, характеризуются большой прозрачностью, отсутствием цветности, значительным содержанием различных минеральных солей (большой жесткостью и иногда наличием железа, марганца и др.). Химический состав подземных вод весьма разнообразен. В них можно встретить в самых различных концентрациях почти все химические элементы, находящиеся в земной коре.

3.3. Водоподающие и водоспускные системы, применяемые в бассейнах для выращивания рыб

В бассейновых хозяйствах в основном используют прямоточную систему водоподачи. При этой системе вода забирается из подземного водоисточника. Если она не содержит повышенную концентрацию железа, то она подается в бассейны, а если в воде имеются окислы 2- или 3-валентного железа, то ее подают на станцию обезжелезивания.

Водоподающие сооружения служат для подачи воды от источника водоснабжения до водохозяйственного объекта. Они состоят из каналов, трубопроводов, лотков и др. На хозяйствах индустриального типа в большинстве случаев каналы (трубопроводы) подают воду от источника водоснабжения в инкубационные аппараты и бассейны.

Канал заменяют трубопроводом, чтобы предотвратить фильтрацию (если грунты не устойчивые, сильно фильтрующие) и обойти препятствия.

Выбор типа трубопровода и поперечного сечения, а также материала зависит от его назначения, общей компоновки сооружения, величины расхода и напора воды.

Расположение трубопровода проектируется исходя из минимальной протяженности трассы. Необходимо, чтобы средняя скорость в трубопроводе была не менее 0,8–1 м/с, чтобы наносы не оседали в трубах.

3.4. Водозаборные сооружения в системах водоснабжения

В соответствии с двумя категориями природных источников воды водозаборные сооружения делятся на две группы: сооружения для приема воды из поверхностных источников и сооружения для приема воды из подземных источников.

Водозаборным сооружением называют головную часть насосной станции, через которую вода из источника поступает во всасывающие трубы насосов. Водозабор обеспечивает надежный захват воды из источника с требуемым расходом и по возможности с наименьшим количеством примесей, а также задерживает и не допускает в систему водообеспечения захваченные с водой плавающие предметы, рыбу и грубые примеси. В практике водоснабжения наиболее часто используемыми поверхностными источниками являются реки. Для нормальной работы речного водозабора необходимо выполнение следующих основных требований:

– количество воды в реке должно соответствовать потребности в ней;

– водоприемные отверстия водозабора должны быть всегда открыты;

– водозаборное сооружение должно быть устойчиво и прочно, несмотря на воздействия на него различных факторов;

– вода должна захватываться по возможности наилучшего качества.

По месту расположения водоприемники делят на береговые и русловые. Береговые водоприемники устраивают на берегу или в непосредственной близости от него. Русловые водоприемники устраивают только при необходимости и возможности получения в русле реки воды лучшего качества, чем в береговой зоне.

Раздельный водоприемник берегового типа (рис. 3.1) представляет собой железобетонный колодец *1*, передняя стенка которого выходит непосредственно в русло реки.

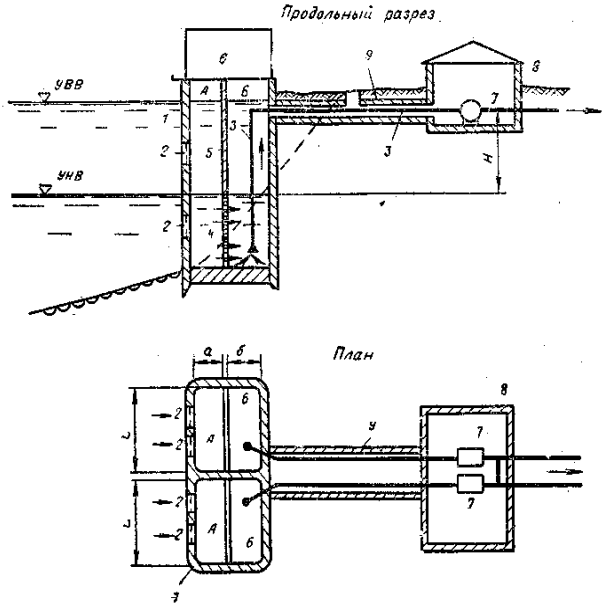


Рис. 3.1. Раздельный водоприемник берегового типа:
1 – железобетонный колодец; *2* – водоприемные окна;
3 – всасывающие трубы; *4* – сетки; *5* – перегородка;
6 – служебный павильон;
7 – насосы; *8* – насосная станция; *9* – галерея

Вода поступает в водоприемник через входные окна *2*, расположенные в передней стенке колодца, и забирается насосами *7*, расположенными в насосной станции *8*, через всасывающие трубы *3*. Для осуществления предварительной грубой механической очистки входные окна снабжаются решетками, предотвращающими занесение внутрь водоприемника относительно крупных предметов. Кроме того, на пути от входных окон к всасывающим трубам вода проходит через сетки *4*, установленные в перегородке *5*. На сетках задерживается значительная часть загрязнений, содержащихся в воде: планктон, водоросли, мелкий сор. Над водоприемным колодцем устраивается служебный павильон *6*, из которого осуществляются управление арматурой и механизмом очистки сеток, а также другие операции, связанные с эксплуатацией водоприемных сооружений. Вода, прошедшая через сетки, забирается насосами *7*, через всасывающие трубы *3*. Всасывающие трубы *3* для защиты от повреждений и для облегчения их осмотра и ремонта иногда располагают в специальной галерее *9*. Водоприемный колодец разделяется продольными перегородками на два отделения (*А* и *Б*). Это обеспечивает бесперебойность работы водоприемника и позволяет осуществлять периодическую очистку и ремонт водоприемника без прекращения подачи воды. Водоприемники берегового типа имеют в плане круглую, эллипсоидальную или прямоугольную форму, выбираемую в зависимости от места расположения водоприемника, условий обтекания его водами реки, используемого оборудования насосной станции. Размеры водоприемника, его основных элементов и оборудования (сеток, решеток, труб) определяют частично путем гидравлического расчета и частично по соображениям конструктивного и эксплуатационного характера.

Водоприемники руслового типа чаще всего применяют при пологих берегах. В этих условиях требуемые для забора глубины в реке находятся на относительно большом расстоянии от берега. Общая схема водозабора включает русловой водоприемник, самотечную линию и береговой колодец (рис. 3.2).

От оголовка *1* вода по самотечным линиям *2* подводится к береговому колодцу *3*. Его конструкция и оборудование несколько отличаются от обычного водоприемника берегового типа, поскольку вода из источника поступает в него не через входные окна, а по самотечным трубам. Вода из берегового колодца забирается насосом через всасывающую трубу *4*.

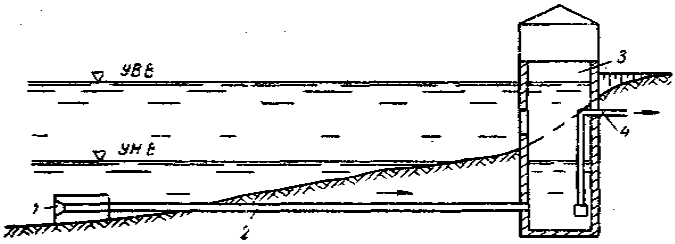
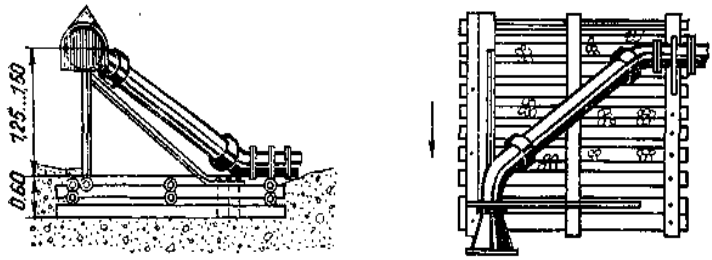


Рис. 3.2. Водоприемник руслового типа:
1 – оголовок; *2* – самотечная труба; *3* – береговой колодец;
4 – всасывающая труба насоса

В качестве водоприемников русловых водозаборов применяют затопленные оголовки незащищенного и защищенного типов с постоянным уровнем захвата воды.

Трубчатые водоприемники незащищенного типа устраивают в виде наклонных стояков с воронками (раструбами), являющихся продолжением самотечных труб (рис. 3.3).



а *б*

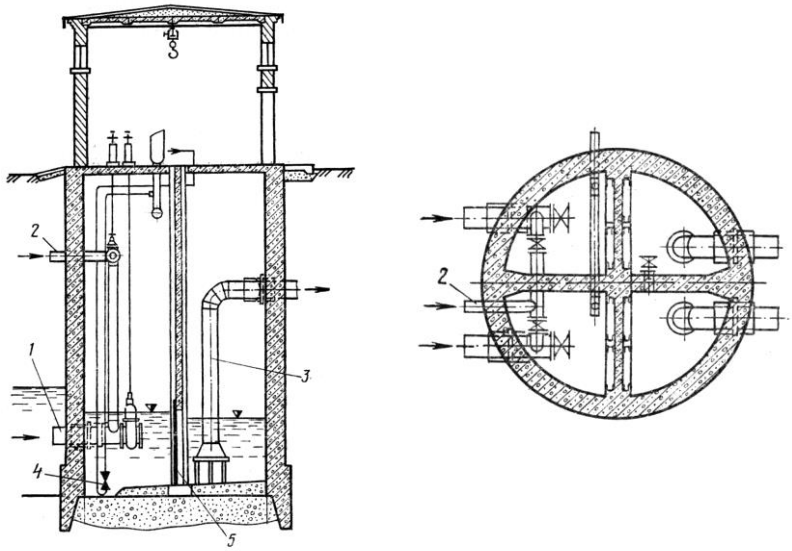
Рис. 3.3. Трубчатый незащищенный затопленный водоприемник:
а – с горизонтально расположенным раструбом;
б – с вертикально расположенным раструбом

Входные отверстия раструбов обращены в сторону течения реки и перекрываются сороудерживающими решетками. Сороудерживающие съемные решетки делают из стержней с просветами 30–50 мм. Стержни решетки устанавливают вертикально или с небольшим наклоном в сторону течения, что позволяет очищать решетку от сора граблями и баграми (с лодки). Для уменьшения обмерзания внутриводным льдом стержни покрывают гидрофобными материалами (резиной и др.). Са-

мотечные водоводы русловых водозаборов прокладывают из железобетонных, асбоцементных или чугунных труб. Наиболее часто для этого используют стальные трубы с усиленными стыками и надежной противокоррозионной изоляцией. Стальные трубы хорошо сопротивляются ударам плавающих предметов и не разрушаются при образовании под ними местных временных промоин. Трубы укладывают в русле реки в неглубокой траншее ниже дна реки на 0,5–1,0 м, что предохраняет их от ударов тяжелыми предметами и истирания донными наносами. Сверху траншею укрепляют каменной наброской. Самотечные водоводы прокладывают в две линии труб, что обеспечивает надежную работу водозабора на случай аварии (позволяет поочередно промывать самотечные трубы, создавать в трубах незаиляющие скорости путем выключения одной линии при малом водозаборе) или в паводок, когда река несет много взвесей. Диаметр самотечных водоводов определяют по скорости движения воды в них при пропуске расчетного расхода по двум линиям труб. При эксплуатации самотечных водоводов не исключено засорение входных решеток и труб. Для удаления сора и наносов самотечные трубы промывают обратным током воды с большой скоростью (до 2,5 м/с). Береговой приемно-сеточный колодец располагают на незатопляемом месте, ближе к реке, чтобы не удлинять самотечную линию. Форма колодца в плане обычно круглая, реже овальная. Размеры приемно-сеточных колодцев определяются из условия размещения в них оборудования: самотечных и всасывающих труб, арматуры, сеток для процеживания воды, грязевых насосов для удаления наносов.

Приемно-сеточный колодец (рис. 3.4) разделяется продольной стенкой на две секции. Это позволяет ремонтировать или очищать одну секцию, не прекращая работы другой.

Для задержания мелких плавающих предметов между самотечными и всасывающими трубами в приемно-сеточном колодце устанавливают перегородку с окнами, в которых размещают съемные сетки из нержавеющей проволоки с ячейками около 5 мм в свету. В каждом окне устанавливают две сетки одну за другой. Во время чистки одной сетки вода процеживается через другую. В приемно-сетчатом колодце происходит осаждение песка и взвесей. Большая часть взвесей выпадает в первом отделении, до сеток. Для скопления песка и ила первое отделение углубляют на 1–1,5 м ниже конца самотечной линии, а между первым и вторым отделением устраивают порог высотой 0,5–1 м. Во втором отделении колодца (после сеток) размещают всасывающие трубы наносов.



а *б*

Рис. 3.4. Приемно-сеточный колодец: *а* – разрез; *б* – план;
1 – самотечные трубы; *2* – промывные трубы; *3* – всасывающие трубы;
4 – водоструйный насос (гидроэлеватор); *5* – сетки

Для приема подземных вод применяются сооружения следующих типов: вертикальные и горизонтальные водозаборы, каптажи.

К **вертикальным водозаборам** относятся шахтные колодцы и буровые скважины. Те и другие носят также общее название – колодцы. Колодцы имеют три основные части: ствол, или шахту – вертикальные горные выработки, с помощью которых достигают водоносного пласта; водоприемную часть – выработку, углубленную в водоносный пласт, через которую забирают подземную воду из водоносной породы; устье, или оголовок, защищающие колодцы от загрязнений и служащие для вентиляции и сообщения с полостью колодца. По характеру заложения в водоносном слое колодцы подразделяются на совершенные и несовершенные. Совершенные колодцы прорезают водоносный горизонт на полную мощность и имеют проницаемые стенки (рис. 3.5).

Несовершенный колодец, который не доведен до нижнего водоупора, имеет глухие стенки и проницаемое дно (рис. 3.6).

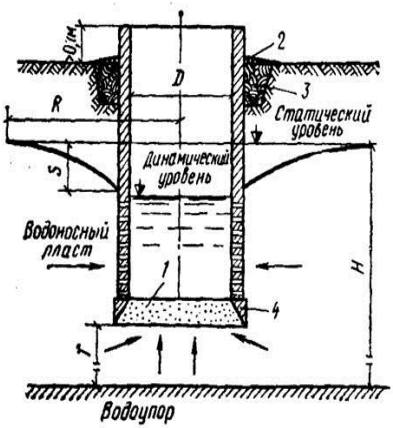


Рис. 3.5. Шахтный колодец

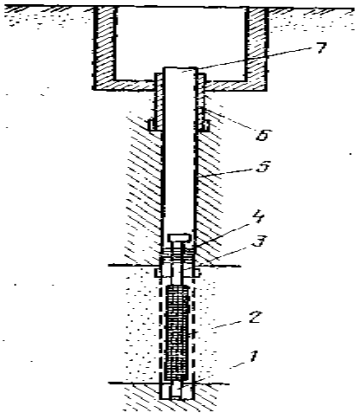
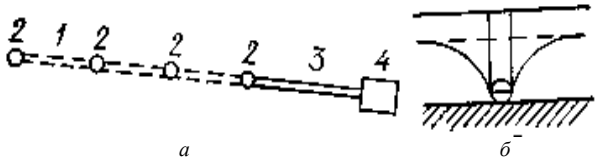


Рис. 3.6. Схема водозаборной скважины:
1 – отстойник фильтра; *2* – фильтр (рабочая часть);
3 – надфильтровая труба; *4* – сальник; *5* – ствол;
6 – направляющая труба (кондуктор); *7* – устье

Горизонтальные водозаборы – дренажные трубы или галереи, заложенные в водоносном пласте с небольшим уклоном и отводящие подземную воду самотеком в приемные (сборные) камеры. Их применяют

преимущественно для добывания неглубоко залегающих (до 6–7 м) грунтовых вод при малой (1–3 м) мощности водоносных пластов (рис. 3.7).



а *б*

Рис. 3.7. Схема горизонтального водозабора:
а – в плане; *б* – в разрезе

Каптажи (от французского *le captage*) представляют собой сооружения для захвата и отвода ключевой (родниковой) воды (рис. 3.8). **Родником** (или источником, ключом) называется сосредоточенный естественный выход подземной воды на земную поверхность.

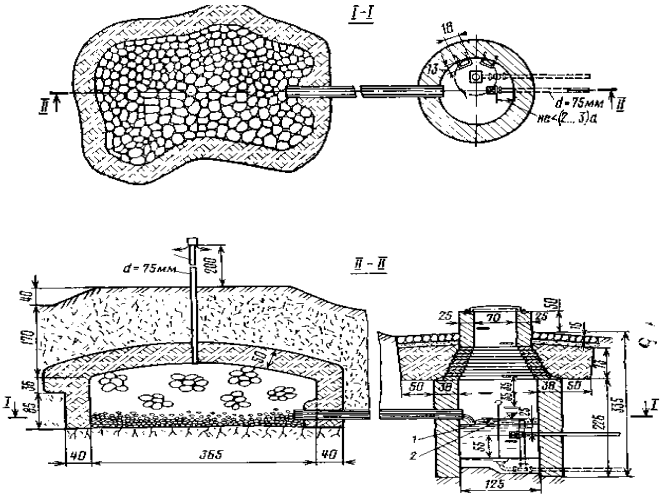


Рис. 3.8. Простейший каптаж восходящего источника с каменной наброской:
1 – рабочий уровень; *2* – предельно наивысший уровень

Условия естественных выходов подземных вод различны и зависят от состава водовмещающих пород, степени обнаженности склона реки или оврага и ряда других факторов. Вода из родника может стекать спокойно в виде отдельных струй на контакте с водоупорным слоем, в отдельных местах может вытекать в виде одной достаточно мощной струи, а местами в виде бьющей вверх сильной струи.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ВОДОПОДАЧИ

4.1. Классификация насосов

Еще в глубокой древности для подъема воды на какую-то высоту люди использовали простейшие водоподъемники, т. е. устройства, позволяющие изменить запас энергии, которой обладала жидкость до ее подъема. Постепенно эти устройства совершенствовались и превратились в машины. Машиной называется устройство, преобразующее получаемую энергию в механическую работу. Если рабочим телом в ней является жидкость, то такая машина называется гидравлической.

Насосами называют машины, предназначенные для создания потока жидкости. Отличие насоса от других водоподъемников заключается в том, что он, как правило, обладает способностью всасывания и нагнетания жидкости. С помощью насоса можно поднимать жидкость на определенную высоту или создавать в трубопроводной системе (например, в системе смазки автомобиля) избыточное давление.

В зависимости от механизма передачи энергии жидкости насосы подразделяют на две группы: **динамические** и **объемные.**

Динамическим называют насос, в котором жидкость перемещается под силовым воздействием на нее в камере, постоянно сообщающейся с входом и выходом насоса.

К этой группе относятся лопастные (центробежные, осевые и диагональные) насосы и насосы трения (вихревые, центробежно-вихревые, дисковые, шнековые и др.), а также ленточные водоподъемники.

Объемным называют насос, в котором рабочая жидкость перемещается вследствие периодического изменения объема занимаемой ею камеры, попеременно сообщающейся с входом и выходом насоса.

К этой группе относятся поршневые, плунжерные, крыльчатые, шланговые, водокольцевые вакуумные и другие насосы, а также воздушные водоподъемники.

Сам по себе насос не в состоянии перекачивать воду. Поскольку ее нужно подвести и отвести от него, а рабочий орган должен получить энергию от какого-либо двигателя (электромотора или двигателя внутреннего сгорания), необходимо иметь всасывающий и нагнетательный трубопроводы, а также запорную (задвижки и краны) и измерительную (вакуумметр и манометр) арматуру.

Насосная установка (рис. 4.1) состоит из всасывающего трубопровода *1*, насоса *2*, напорного трубопровода *3*, запорной *4* и измерительной *5* арматуры. Насос, приводимый в действие движителем любого вида (электродвигателем, двигателем внутреннего сгорания, паровой машиной или вручную), забирает воду из нижнего бьефа (НБ) и подает в верхний (ВБ).

В состав **насосной станции** входят: водозаборное сооружение *1*, здание насосной станции *2*, в котором размещают минимум две насосные установки *3*, внестанционный напорный трубопровод *4*, водовыпуск *5* (рис. 4.2).

Гидротехнический узел машинного водоподъема включает водоподводящее сооружение *1* (трубопровод или канал), насосную станцию *2*, водоотводящее сооружение *3* (рис. 4.3).

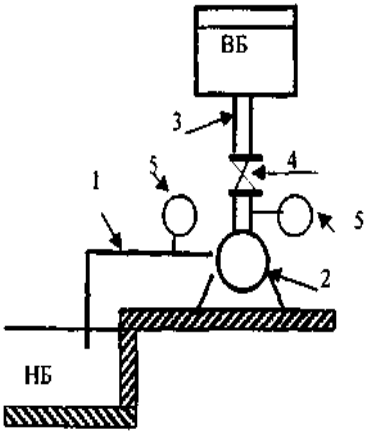


Рис. 4.1. Схема насосной установки:
1 – всасывающий трубопровод; *2* – насос;
3 – напорный трубопровод;
4 – запорная арматура; *5* – измерительная арматура

В состав гидротехнического узла машинного водоподъема могут входить различные гидротехнические сооружения (дамбы, трубы-регуляторы и др.).

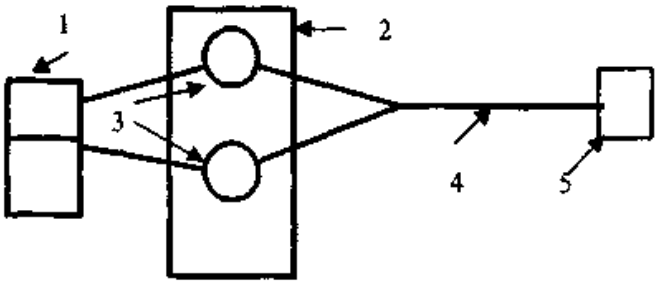


Рис. 4.2. Схема насосной станции:
1 – водозаборное сооружение; *2* – здание насосной станции; *3* – насосные установки; *4* – внестанционный напорный трубопровод; *5* – водовыпуск

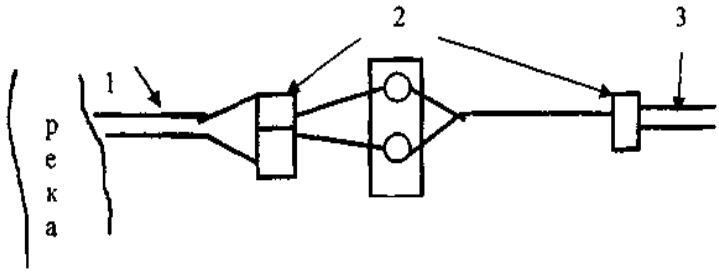


Рис. 4.3. Схема гидротехнического узла машинного водоподъема;
1 – водоподводящее сооружение (трубопровод или канал); *2* – насосная станция; *3* – водоотводящее сооружение

4.2. Основные параметры и характеристики насосов

Насосная установка с любым насосом имеет следующие основные параметры:

1) **расход (подача, производительность)** (Q, м^3/с, м^3/ч) – это объем воды, проходящий через выходной патрубок насоса в единицу времени;

2) **напор** (Н, м) – это количество энергии, которое получила жидкость, пройдя через насос, выраженное в метрах водяного столба. Эта энергия тратится на преодоление высоты подъема и сопротивление трубопровода, т. е.

$$H = H_г + h_{тр}, \tag{4.1}$$

где Н – напор насоса, м;

$H_г$ – высота подъема жидкости, или геодезический (геометрический) напор, м;

$h_{тр}$ – сопротивление трубопровода, т. е. сумма потерь напора (местных и по длине) во всасывающем и нагнетательном трубопроводах, м.

По показаниям приборов, установленных на действующей насосной установке, напор определяется по формуле

$$H = h_м - \left(\pm h_{мв}\right) + z + \frac{\alpha v_н^2 - \alpha v_в^2}{2g}, \tag{4.2}$$

где $h_м = \frac{\rho_м}{\rho g}$ – показания манометра, м;

$\pm h_{мв} = \frac{\pm \rho_{мв}}{\rho g}$ – показания мановакуумметра с учетом знака, м;

z – расстояние по вертикали между точками замера вакуумметрического и манометрического давления, м;

α – коэффициент кинетичности. Для турбулентного движения жидкости $\alpha = 1{,}05$;

$v_в$ и $v_н$ – скорости во всасывающей и нагнетательной трубе, определяемые по формуле

$$v = \frac{Q}{\omega}, \tag{4.3}$$

где ω – площадь сечения трубы.

Так как разность скоростных напоров невелика, то ею можно пренебречь, и формула (4.2) примет следующий вид:

$$H = h_м - (\pm h_{мв}) + z; \tag{4.4}$$

3) **мощность насосной установки** (N, кВт) может быть потребляемой, эффективной (N_e), т. е. полученной от двигателя, и полезной ($N_{пол}$), отдаваемой жидкости.

Потребляемая мощность определяется при помощи ваттметра, эффективная – по графику $N_e = f(W)$, а полезная – по формуле

$$N_{пол} = \frac{\rho g Q H}{1000}. \qquad (4.5)$$

Для воды полезная мощность равна: $N_{пол} = 9{,}81 QH$ (кВт);

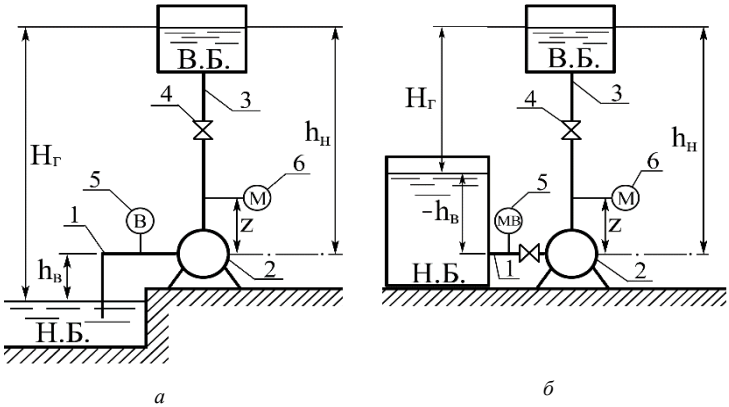
4) **коэффициент полезного действия** (η) – коэффициент, показывающий долю энергии, отданной жидкости насосом, по отношению к полученной, т. е.

$$\eta = \frac{N_{пол}}{N_e} \cdot 100\ \%. \qquad (4.6)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) может выражаться и в долях единицы.

К дополнительным параметрам относятся:

1) **геометрический (геодезический) напор** ($H_г$) – высота подъема воды, или расстояние между уровнями в верхнем бьефе (ВБ) и нижнем бьефе (НБ) (рис. 4.4).



а *б*

Рис. 4.4. Схемы насосной установки:
а – с положительной высотой всасывания; *б* – с отрицательной высотой всасывания

2) **геометрическая высота всасывания** ($h_в$) – расстояние от уровня воды в НБ до оси насоса. Она будет положительной, если насос расположен выше уровня воды (рис. 4.4, *а*), и отрицательной, если его ось расположена ниже уровня воды НБ, т. е. когда насос находится «под заливом» (рис. 4.4, *б*);

3) **приведенная высота всасывания** ($H_{п.\ в}$) – сумма геометрической высоты всасывания и потерь напора во всасывающем трубопроводе:

$$H_{п.\ в} = h_в + h_{в.\ тр}, \tag{4.7}$$

где $h_{в.\ тр}$ – потери во всасывающем трубопроводе, м;

4) **вакуумметрическая высота всасывания** ($H_{вак}$) – показание вакуумметра, выраженное в метрах водного столба перекачиваемой жидкости:

$$H_{вак} = H_{п.\ в} + \frac{v_в^2}{2g}, \tag{4.8}$$

где $v_в$ – скорость во всасывающем трубопроводе, м/с;

Формула (4.8) с учетом формулы (4.7) примет следующий вид:

$$H_{вак} = h_в + h_{в.\ тр} + \frac{v_в^2}{2g}; \tag{4.9}$$

5) **геометрическая высота нагнетания** ($h_н$) – расстояние от оси насоса до уровня воды в ВБ. Она может быть положительной (см. рис. 4.4, *а*) и отрицательной (рис. 4.5).

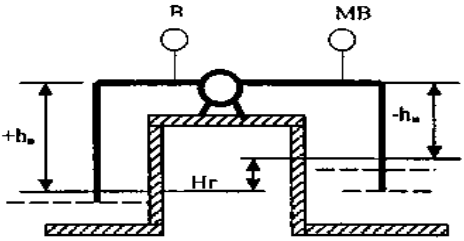
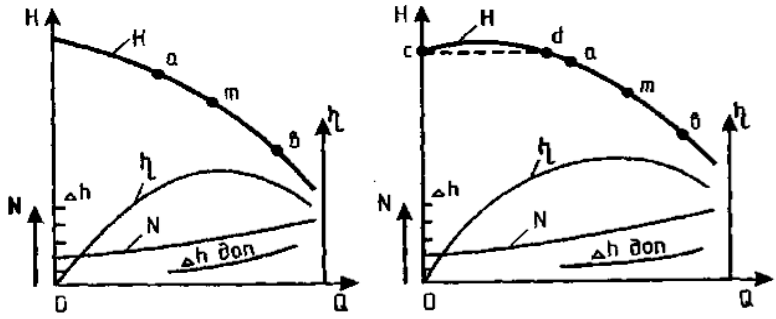


Рис. 4.5. Схема насосной установки с отрицательной высотой нагнетания

6) **приведенная высота нагнетания** ($H_{п.\ н}$) – сумма геометрической высоты нагнетания и потерь напора в нагнетательном трубопроводе:

$$H_{п.\ н} = h_{н} + h_{н.\ тр}. \qquad (4.10)$$

Для лопастных насосов в идеальных условиях (перекачивается идеальная жидкость рабочим колесом с бесконечным количеством лопаток) теоретическая связь параметров (напора, подачи, мощности КПД) – линейная. Реальные условия делают эту связь криволинейной, не поддающейся математическому описанию формулами. Поэтому ее устанавливают экспериментально, путем испытаний на специальных стендах при постоянном числе оборотов рабочего колеса. Результаты испытаний изображают в виде графиков зависимости напора, мощности и КПД насоса от его подачи, которые называются **частными характеристиками.** Они строятся на одном поле с соответствующими шкалами (рис. 4.6) и заносятся в каталог, с помощью которого и подбирается насос.



а *б*

Рис. 4.6. Частные характеристики центробежного насоса:
а – стабильная; *б* – нестабильная

Иногда с целью уточнений частных характеристик производят испытания насоса, установленного в насосной станции. Такие уточненные характеристики называют **рабочими.**

На рис. 4.7 буквой H обозначена напорная характеристика $H = f(Q)$, которая показывает, что с увеличением подачи от 0 на рис. 4.6, *а* напор

плавно уменьшается, в то же время на рис. 4.6, *б* напор сначала несколько увеличивается, а потом уже плавно уменьшается.

Первый случай свидетельствует о стабильной работе насоса, так как одной подаче соответствует одно значение напора, на втором, в зоне *c – d*, при различной подаче имеем одинаковый напор, что делает работу насоса нестабильной, и эксплуатировать его в этой зоне нельзя.

Наиболее эффективно насос будет работать в зоне между точками *a* и *b*, которая соответствует наибольшим значениям КПД (кривая $\eta = f(Q)$) и носит название *рабочая области насоса*.

Рабочая область насоса – это диапазон изменений подачи и напора, соответствующий КПД, которые отличаются от максимального значения (точка *m* на рис. 4.6) не более чем на 10 % (зона *a – b*).

Кривая, обозначенная буквой *N*, называется **мощностной характеристикой** и показывает функциональную связь мощности и подачи $N = f(Q)$. При закрытой задвижке на напорном трубопроводе ($Q = 0$) потребляемая насосом мощность является минимальной, и это облегчает пуск электродвигателя, так как он не будет испытывать перегрузок. На рис. 4.7 показаны частные характеристики центробежных насосов типа Д, которые получены при заводских испытаниях и помещены в каталог насосов, поэтому их называют **типовыми.**

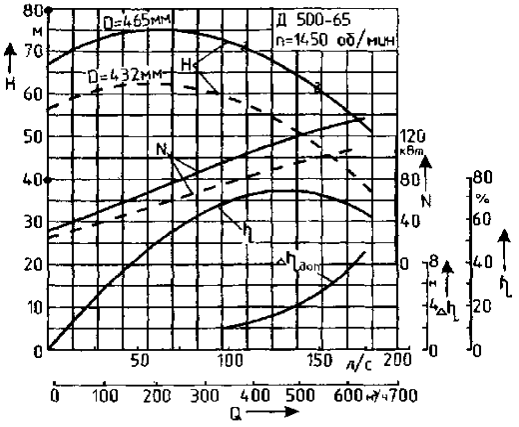


Рис. 4.7. Типовые частные характеристики центробежных насосов

Для того чтобы не производить испытаний насоса каждый раз, когда меняется число оборотов, применяют **универсальные характеристики** (рис. 4.8).

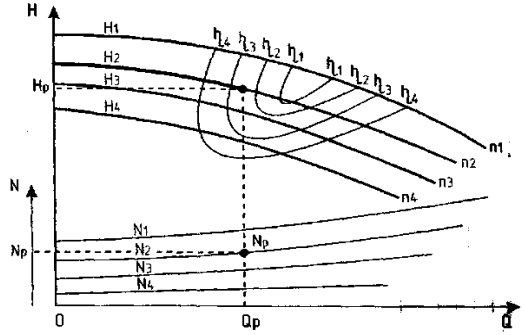


Рис. 4.8. Универсальная характеристика центробежного насоса

Универсальные характеристики позволяют судить о подаче (*Q*), напоре (*H*) и КПД при всех практически возможных частотах вращения рабочего колеса.

4.3. Всасывающие, подводящие и напорные трубопроводы

Всасывающие трубопроводы подводят воду от камер водозаборных сооружений к всасывающим патрубкам насосов. Давление в них может быть меньше атмосферного, поэтому они должны быть герметичны. Всасывающие трубопроводы прокладывают только стальные. Если насосы работают только с отрицательной высотой всасывания (находятся под заливом), то трубы, транспортирующие воду к насосам, называют **подводящими.**

Прокладывают трубы с подъемом к насосам для того, чтобы не образовывались воздушные мешки. Входная часть заглубляется под минимальный уровень воды настолько, чтобы не попадал воздух через воронку, формирующуюся при работе насоса. Всасывающие трубопроводы проектируют по возможности короткими (до 30 м) с минимальным числом стыков, поворотов и переходов (резкие переходы и повороты не допускаются), чтобы потери напора в них были небольшими. Число таких трубопроводов принимают равным числу насосов. Всасывающие трубопроводы вне здания насосной станции прокладывают на опорах, устанавливаемых с учетом глубины промерзания грунта. Внутри здания всасывающие трубопроводы диаметром более 300 мм прокладывают выше пола, а диаметром до 300 мм – как выше,

так и ниже (в специальных каналах) пола. Заполняют их водой перед пуском основных насосов с помощью вакуумных насосов с водовоздушными баками. Для предотвращения опорожнения при отключении насосов на всасывающих трубопроводах диаметрами до 400 мм допускается устанавливать специальные приемные клапаны, закрытые сеткой, работающие как обратные, хотя это и приводит к возрастанию гидравлического сопротивления. Если насос в отдельные периоды работает с отрицательной высотой всасывания, то для возможности его отключения или замены всасывающие трубопроводы оснащают запорной арматурой (укороченными задвижками, имеющими меньшие габаритные размеры и массу, чем обычные), или дисковыми затворами, рассчитанными на небольшое давление.

Расчет всасывающих труб заключается в определении размеров их отдельных элементов (рис. 4.9).

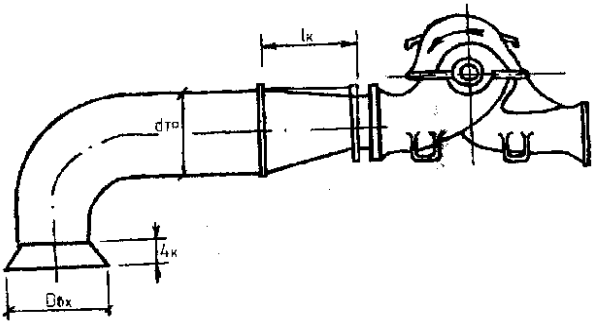


Рис. 4.9. Схема всасывающей трубы насоса

Расчетная формула для определения диаметров имеет следующий вид:

$$D = 1{,}13 \cdot \frac{Q_{\text{р}}}{v_{\text{оп}}}, \qquad (4.11)$$

где $Q_{\text{р}}$ – расчетный расход насоса, м^3/с;

$v_{\text{оп}}$ – оптимальная скорость движения воды.

На входе во всасывающую трубу скорость принимается равной 0,6–0,8 м/с, а в трубе она равна 1,0–1,5 м/с. Переход от большего диаметра к меньшему осуществляется при помощи одностороннего кону-

са с горизонтальной верхней образующей, что препятствует защемлению воздуха.

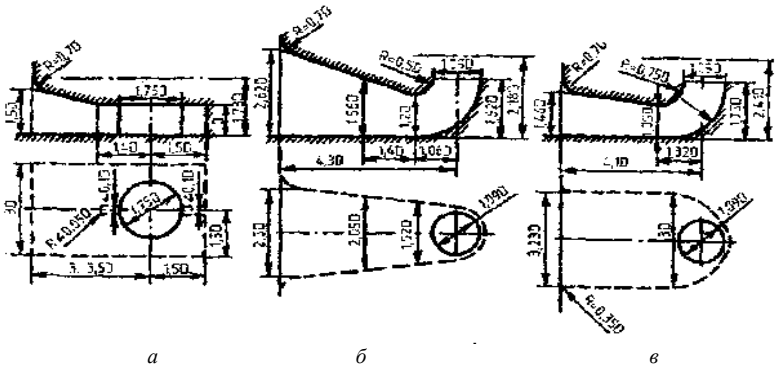
Длина переходного конуса определяется по формуле

$$\ell_к = (3 - 4) \cdot (d_{тр} - d_{в.\,п}), \qquad (4.12)$$

где $d_{тр}$ – диаметр трубы;

$d_{в.\,п}$ – диаметр всасывающего патрубка.

Подводящие трубопроводы находятся всегда под избыточным давлением воды, и поэтому выполняются не только стальными, но и железобетонными (сборными и монолитными), как с подъемом, так и с понижением к насосу. В зданиях насосных станций, оборудованных вертикальными центробежными или осевыми насосами, подводящие трубопроводы выполняют в бетонных армированных блоках, находящихся в основании здания. Их форма показана на рис. 4.10. Камерный подвод (рис. 4.10, *а*) применяют при сравнительно небольшой подаче насосов с диаметром рабочего колеса менее 87 см. Для крупных насосов применяют коленчатый подвод (рис. 4.10, *б* и *в*).



а *б* *в*

Рис. 4.10. Формы подводящих трубопроводов:
а – с камерным подводом; *б* и *в* – с коленчатым подводом

Напорные трубопроводы отводят воду от насосов и транспортируют до водовыпускного сооружения. Различают внутристанционные и внестанционные напорные трубопроводы. На трубопроводах, расположенных внутри здания насосной станции, размещают запорную (задвижки), предохранительную (обратные клапаны), измерительную (водомеры) арматуру.

Число внестанционных напорных трубопроводов может быть меньше количества установленных насосов, т. е. 2–3 насоса объединяют для работы на одну нитку напорного трубопровода (рис. 4.11).

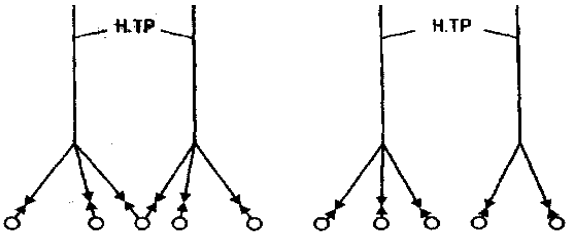


Рис. 4.11. Схемы объединения напорных трубопроводов

Материал трубопроводов выбирают в зависимости от расчетного давления и диаметра. Расчетное давление определяет, исходя из высоты подъема воды и потерь напора в трубопроводе с учетом повышения давления при возможном возникновении гидравлического удара.

4.4. Запорная (задвижки) и контрольно-измерительная аппаратура

К основным параметрам трубопроводной арматуры относят диаметр условного прохода (D_y) и условное давление рабочей среды (ρ_y).

Диаметром условного прохода (D_y) называют номинальный внутренний диаметр трубопровода, на котором устанавливают арматуру.

Условным давлением (ρ_y) является наибольшее избыточное рабочее давление при температуре рабочей среды 20 ^oC.

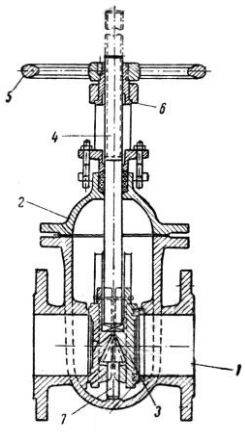
В каталогах трубопроводной арматуры обычно указывают ее рабочее и пробное давления. **Рабочим** называют наибольшее избыточное давление, при котором арматура работает длительное время при рабочей температуре жидкой среды, а **пробным** – избыточное давление, при котором арматуру и соединительные части трубопроводов подвергают гидравлическим испытаниям на прочность и плотность. При температуре рабочей среды 20 ^oC рабочее давление равно условному значению. При определении условного давления и подборе необходимой арматуры допускается превышение до 5 % фактического давления над указанным значением условным.

Запорная арматура предназначена для перекрытия потока воды в трубопроводах. К ней относят задвижки, дисковые затворы, вентили, краны.

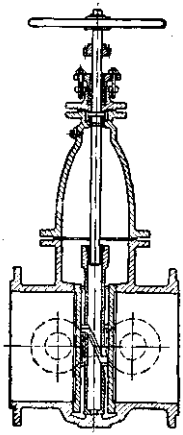
Задвижки служат для частичного или полого закрытия трубопровода. Проход задвижки перекрывают запорными дисками, управляемыми винтовым шпинделем. Задвижки по конструкции запоров дисков делят на параллельные и клиновые, а по конструкции шпинделя – с выдвижным и невыдвижным шпинделем (рис. 4.12, *а*, *б* и 4.13). В параллельных задвижках проход корпуса перекрывается двумя дисками, которые при полном закрытии отверстия раздвигаются в стороны опорным клином и уплотняют зазоры. В клиновых задвижках уплотнение прохода достигается за счет клинообразной формы запорного диска.

Задвижки по форме могут быть плоскими, овальными и круглыми.

При низких значениях давления жидкости применяют плоские задвижки, а при средних значениях – овальные. Круглые задвижки применяют при высоких давлениях жидкости.



а



б

Рис. 4.12. Параллельная задвижка:
а – с выдвижным шпинделем;
б – с невыдвижным шпинделем;
1 – корпус; *2* – крышка; *3* – заслонка; *4* – шпиндель;
5 – маховичок; *6* – гайка; *7* – клин

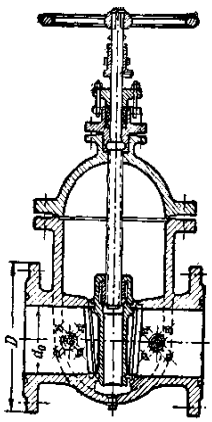


Рис. 4.13. Клиновая задвижка с невыдвижным шпинделем

Достоинство задвижек любой конструкции – хорошая герметичность при перекрытии трубопроводов. К недостаткам относятся значительные габаритные размеры и их масса, неравномерное изменение гидравлического сопротивления при закрытии.

Дисковые поворотные затворы (рис. 4.14) в отличие от задвижек имеют меньшие габаритные размеры и массу, лучшие гидравлические характеристики, более высокую надежность в работе.

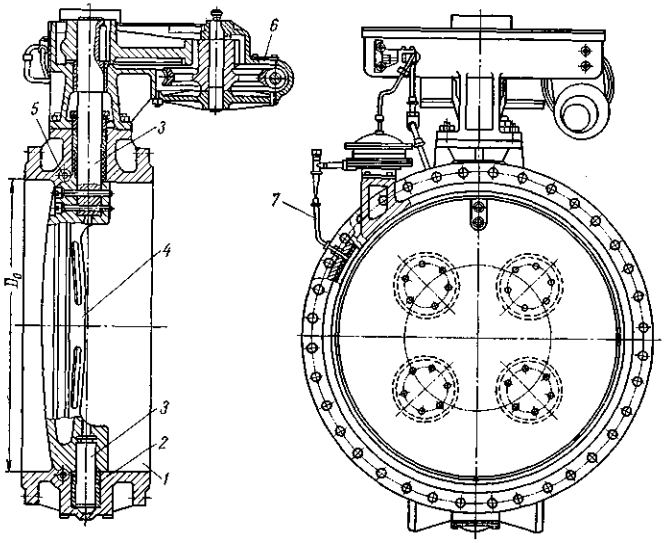


Рис. 4.14. Поворотный дисковый затвор (дроссель) с электроприводом:
1 – корпус; *2* – опора; *3* – полуось; *4* – поворотный диск; *5* – шланг уплотнения;
6 – электропривод; *7* – подача сжатого воздуха для уплотнения

Коэффициент гидравлического сопротивления ξ при полностью открытом затворе несколько больше, чем при полностью открытой задвижке. Это объясняется тем, что в открытом состоянии диск несколько уменьшает проходное сечение трубопровода. При закрытии затвора значение коэффициента гидравлического сопротивления ξ изменяется незначительнее, чем при закрытии задвижки. Поэтому при равномерном закрытии задвижки и затвора одинаковых диаметров за одно и то же время давление в трубопроводе, оснащенном задвижкой, повышается на большие значения, чем в трубопроводе, оснащенном затвором. Дисковые поворотные затворы выпускают диаметрами $Д_у$ = 100–2 800 мм как с уплотнением по диску, так и с уплотнением по корпусу. Затворы с уплотнением по диску обеспечивают одностороннюю герметизацию при направлении потока жидкости к диску со стороны вала. Затворы с уплотнением по корпусу обеспечивают двустороннюю герметизацию.

Вентили изготавливают относительно небольших диаметров. Их открывают и закрывают с помощью золотника, насаженного на шпиндель. Степень открытия можно определить по высоте подъема шпинделя. Для подъема и опускания золотника на шпинделе имеется резьба.

Пробковые краны выпускают небольших размеров. Сечение трубопровода перекрывает поворачивающийся на 90^{o} конусный вкладыш (пробка), притертый к внутренней поверхности корпуса. Поскольку сечение перекрывается очень быстро, процесс перекрытия может сопровождаться гидравлическим ударом.

Обратные клапаны (рис. 4.15) предназначены для автоматического предотвращения обратного тока воды в трубопроводе, например, при остановке насосов. Обратные клапаны могут быть подъемные и поворотные.

Предохранительные клапаны (рис. 4.16) устанавливают на трубопроводах в случае опасности возникновения очень высоких давлений.

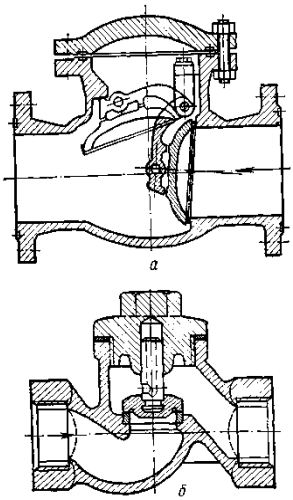


Рис. 4.15. Обратные клапаны:
а – поворотный; *б* – подъемный

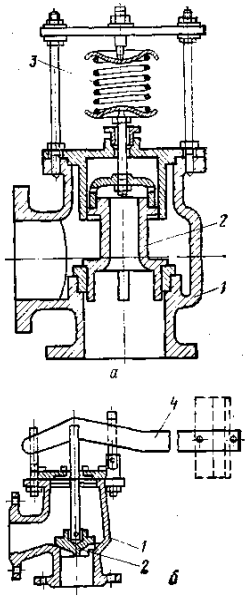


Рис. 4.16. Предохранительные клапаны:
а – пружинный; *б* – рычажно-грузовой;
1 – корпус; *2* – клапан; *3* – пружина; *4* – рычаг

При повышении давления сверх допустимого значения клапан открывается, давая выход из трубопровода в атмосферу, чем предотвращается дальнейшее его повышение. Для борьбы с гидравлическими ударами, возникающими вследствие внезапной остановки насосов, устанавливают специальные клапаны – гасители удара, открывающиеся при возникновении волны пониженного давления.

Контрольно-измерительная аппаратура служит для осуществления полной или частичной автоматизации работы насосной станции. Она контролирует состояние оборудования и уровненного режима, верхнего и нижнего бьефа, а также подает сигналы в систему автоматики. Для этих целей служат сигнализаторы, датчики уровней (рис. 4.17) и расходомеры (рис. 4.18).



Рис. 4.17. Датчик уровней воды



Рис. 4.18. Расходомер воды PT878

Ультразвуковой уровнемер жидкости – это интеллектуальное устройство, предназначенное для измерения уровня жидких сред.

Расходомер РТ878 является ультразвуковым, который объединяет в себе характеристики стационарного расходомера с преимуществами портативного прибора.

4.5. Регулирующие и запасные емкости

Резервуары, используемые в системах водоснабжения, различают по назначению, форме в плане (круглые или прямоугольные), высоте расположения (напорные безнапорные), степени заглубления (подземные и надземные), материалу (железобетонные, стальные и др.). По назначению резервуары бывают запасные, регулирующие, запасно-регулирующие, противопожарные, резервуары, работающие как водонапорные башни или баки пневматических установок. Запасные резервуары обеспечивают надежность работы систем водоснабжения, регулирующие резервуары – более равномерную работу насосных станций. Для надежности работы системы водоснабжения обычно устраивают не менее двух резервуаров (или двух изолированных отделений). Они оборудуются люками и скобами (лестницами) для возможности проведения их осмотра, чистки и ремонта (рис. 4.19).

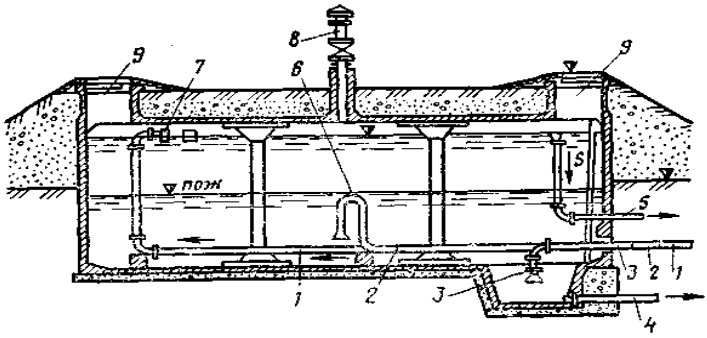


Рис. 4.19. Железобетонный резервуар:
1 – подающая труба; *2* – всасывающая труба хозяйственных насосов;
3 – всасывающая труба пожарного насоса; *4* – спускная грязевая труба;
5 – переливная труба; *6* – изогнутая труба с отверстием для срыва вакуума насосов после сработки хозяйственного запаса воды;
7 – поплавковый клапан; *8* – вентиляционная труба; *9* – лаз

Подземные резервуары в зависимости от системы и схемы водоснабжения размещают после очистных сооружений при заборе воды из поверхностных источников или после скважин при заборе подземных вод. В резервуарах предусматривают регулирующий объем и хранение запасных – на случай пожара или аварии.

В общем виде полный объем ($м^3$) резервуаров

$$W = W_{рег} + W_{пож} + W_{авар}, \quad (4.13)$$

где $W_{рег}$ – регулирующий объем воды для подачи в бассейны, $м^3$;

$W_{пож}$ – объем воды для тушения пожара, $м^3$;

$W_{авар}$ – объем воды для подачи в бассейны в случае аварии на внешних электрических сетях, $м^3$.

5. ОЧИСТКА ПРИРОДНОЙ И ОБОРОТНОЙ ВОДЫ

5.1. Основные требования, предъявляемые к качеству воды при культивировании водных организмов

Вода является частью сложной системы единого биологического комплекса. Живые организмы в водоемах подвергаются воздействию различных факторов среды. Важнейшими условиями, определяющими жизнь водных организмов, являются температура, свет, газовый режим и содержание биогенных элементов. Вода содержит различные растворимые и взвешенные вещества, количество и состав которых определяют большое разнообразие ее химического состава. Норматив качества водной среды летних прудов карповых хозяйств для всех областей Республики Беларусь приведен в табл. 5.1. Этот состав зависит как от физических условий окружающей среды, так и от биологических и микробиологических процессов, протекающих в водоемах. Взаимообусловленное воздействие абиотических и биотических факторов, а также деятельность человека вызывают существенные различия в гидрохимическом режиме водоемов.

Среди абиотических факторов внешней среды одно из основных мест принадлежит **температуре воды**, которая оказывает огромное влияние на все процессы жизнедеятельности водных организмов. Температура воды значительно устойчивее температуры воздуха, что обусловлено ее большей теплоемкостью. По этой причине даже значительное повышение или понижение температуры воздуха, отмечающееся в летний и зимний периоды года, не ведет к резким изменениям

температуры воды. Устойчивость температуры воды в водоеме характеризуется слабой перемешиваемостью холодных и более теплых слоев воды, имеющих различную плотность. С расслоением температуры в толще воды тесно связаны газовый режим, распределение биогенных элементов и другие гидрохимические показатели.

Таблица 5.1. **Норматив качества водной среды для всех областей**

Номер нормы	Наименование нормы	Единица измерения	Норма
1	Перепад температуры воды водоисточника относительно воды в прудах	°С	Не более 5
2	Максимальное значение температуры поступающей воды	°С	Не более 28
3	Окраска, запахи, привкусы		Должны отсутствовать
4	«Цветность»	нм, градусы	До 565 (до 50)
5	Прозрачность	м	Не менее 0,75–1,0
6	Взвешенные вещества	г/м^3 (мг/л)	До 25
7	Водородный показатель	pH	6,5–8,5
8	Кислород растворенный	г/м^3 (мг/л)	Не ниже 5,0
9	Свободная двуокись углерода	г/м^3 (мг/л)	До 25
10	Сероводород	г/м^3 (мг/л)	Отсутствие
11	Аммиак свободный	г/м^3 (мг/л)	Сотые доли
12	Окисляемость перманганатная при содержании гуминовых веществ	гO_2/м^3 ($мгO_2$/л) гO_2/м^3 ($мгO_2$/л)	До 15 До 30
13	Окисляемость бихроматная	гO_2/м^3 ($мгO_2$/л)	До 50
14	$БПК_5$	гO_2/м^3 ($мгO_2$/л)	До 3,0
15	$БПК_{полн}$	гO_2/м^3 ($мгO_2$/л)	До 4,5
16	Азот аммонийный	г/м^3 (мг/л)	До 1,5
17	Нитриты	г/м^3 (мг/л)	До 0,05
18	Нитраты	г/м^3 (мг/л)	До 2,0
19	Фосфаты	гР/м^3 (мгР/л)	До 0,5
20	Железо общее	г/м^3 (мг/л)	До 2,0
21	Железо закисное	г/м^3 (мг/л)	Не более 0,2
22	Жесткость общая	моль/л (мг-экв/л)	4–12 (2–6)
23	Минерализация	г/кг	1,0
24	Общая численность микроорганизмов	млн клеток/мл	До 3,0
25	Численность сапрофитов	тыс. клеток/мл	До 5,0

В жизни гидробионтов температура воды имеет огромное значение. Она влияет как прямо, непосредственно на живые организмы, так и косвенно, посредством других абиотических факторов. Например, важнейшие для жизни физические свойства воды – плотность и вязкость, определяемые количеством растворенных солей, в значительной мере зависят от температуры. То же относится к растворимости в воде газов. По отношению к температуре воды у рыб выработалась определенная видовая специфика, на основании которой они делятся на холодноводные и тепловодные. Воздействуя на многие жизненные функции водных организмов, температура обусловливает их продуктивные возможности. С повышением температуры обменные процессы у рыб ускоряются, и это ускоряющее влияние температуры на скорость обмена веществ и темп развития гидробионтов зависит от их видовой принадлежности, стадии развития и того интервала, в котором повышается температура. Большое влияние температура воды оказывает на питание, пищеварение, белковый, жировой и углеводный обмен рыб. Весьма существенна роль температурного режима в прохождении отдельных звеньев репродуктивного цикла. Так, только при определенной температуре у рыб начинается нерест. От температуры воды также зависит и характер проявления и течения у них различных болезней.

Прозрачность воды является одним из основных критериев, позволяющих судить о состоянии водоема. Она зависит от количества взвешенных частиц, содержания растворенных веществ и концентрации фито- и зоопланктона. Влияет на прозрачность и цвет воды. Чем ближе цвет воды к голубому, тем она прозрачнее, а чем желтее, тем прозрачность меньше. Прозрачность воды тесно связана с биомассой и продукцией планктона. Чем лучше развит планктон, тем меньше прозрачность воды. Прозрачность является показателем распределения света в толще воды, от которого зависят фотосинтез и кислородный режим водной среды.

Газовый режим водоема определяется растворимостью газов, которая, в свою очередь, зависит от природы газа, температуры воды, величины минерализации, а также давления. С повышением температуры воды растворимость газов уменьшается. Газы, растворенные в воде, всегда стремятся прийти в равновесие в соответствии с их парциальным давлением в атмосфере. Если их содержание в воде меньше, чем в атмосфере, то происходит поглощение газов водой из атмосферы (процесс инвазии). Когда в воде содержится большее количество газов,

чем в атмосфере, наблюдается их выделение (эвазия) из воды в атмосферу. Сероводород и водород, парциальное давление в атмосфере которых практически равно нулю, в водоемах не накапливаются в больших количествах, так как постоянно происходит их выделение в атмосферу.

Для водных организмов наибольшее значение имеют кислород и углекислый газ. Наличие в воде растворенного кислорода является обязательным условием для существования большинства организмов, населяющих водоемы. Содержание кислорода в воде зависит от соотношения двух противоположно протекающих процессов: первый – обогащающий воду кислородом, второй – уменьшающий его содержание в воде. Обогащение воды молекулярным кислородом осуществляется за счет выделения его водной растительностью в процессе фотосинтеза, а также при поступлении из атмосферы.

Содержание углекислого газа в атмосфере в среднем составляет 0,33 %. При соприкосновении с водой CO_2 частично растворяется и подвергается гидролизу:

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3.$$

В химическую реакцию с водой вступает лишь незначительная часть CO_2, остальное же его количество находится в свободном виде. Наличие в воде угольной кислоты способствует растворению карбоната кальция и переводу его в гидрокарбонат, обладающий большей растворимостью, чем карбонат кальция:

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \leftrightarrow Ca(HCO_3)_2.$$

Вследствие растворения углекислых солей вода обогащается карбонатами и бикарбонатами. Таким образом, в природных водах углекислота содержится в свободном состоянии в виде газа, растворенного в воде – CO_2, в виде ионов HCO_3 – гидрокарбонат-ионов, в виде ионов CO_3^{2-} – карбонат-ионов.

В водоемах основным источником CO_2 является бактериальное окисление органических веществ, а также дыхание водных организмов. Отрицательное влияние высокой концентрации углекислоты на жизнедеятельность рыб заключается в том, что рыбы, находясь в угнетенном состоянии, хуже используют кислород, растворенный в воде. При низком содержании кислорода и неблагоприятном соотношении O_2 и CO_2 рыба также хуже использует корм.

Водородный показатель (pH) является одним из важных факторов среды. Наиболее благоприятно для большинства рыб значение водородного показателя (pH), близкое к нейтральному. При значительных сдвигах водородного показателя в кислую или щелочную сторону возрастает кислородный порог, ослабляется интенсивность дыхания.

Органическое вещество присутствует в воде в растворенном и взвешенном виде. Его подразделяют на автохтонное и аллохтонное. Запасы автохтонных веществ пополняются за счет фотосинтеза фитопланктона, макрофитов и хемосинтеза некоторых бактерий, а аллохтонных – за счет выноса их с водосборной площади, поступления с атмосферными, а также иногда с бытовыми и промышленными стоками. Доля растворенного органического вещества примерно в сотни раз больше, чем органического вещества в живых организмах и детрите. Полное представление о содержании растворенного и взвешенного в воде органического вещества, прежде всего его стойкой в биохимическом отношении фракции, дают методы анализа преманганатной и биохроматной окисляемости. Эти методы позволяют оценить происхождение органического вещества, скорость его минерализации и интенсивность биопродукционных процессов.

5.2. Методы очистки природной и оборотной воды

Обработка воды с целью сделать ее пригодной для нужд потребителя представляет собой комплекс физических, химических и биологических методов изменения ее первоначального состава. Под обработкой воды понимают не только ее очистку от ряда нежелательных и вредных примесей, но и улучшение природных свойств путем обогащения ее недостающими ингредиентами. Метод обработки воды выбирается на основе предварительного изучения состава и свойств воды источника (данные химических и биологических анализов), намеченного к использованию, и их сопоставления с данными ОСТ 15-282-83. Сочетание необходимых технологических процессов и сооружений составляет технологическую схему улучшения качества воды. Технологическая схема и соответствующий состав очистных сооружений подбираются в зависимости от показателей качества воды в источнике, требований потребителя и технико-экономических расчетов. При выборе схемы обработки воды необходимо учитывать, что процессы обработки воды по реагентной схеме протекают интенсивнее и значительно эффективнее, чем по безреагентной. Применение отстойников

и осветлителей со слоем взвешенного осадка рационально применять при содержании взвешенных веществ в исходной воде свыше 50 мг/л. Для извлечения из воды крупных примесей следует применять барабанные сетки, а для удаления планктона – микрофильтры или флотаторы.

Вода природных источников, особенно поверхностных, часто не отвечает требованиям, предъявляемым в рыбоводстве к качеству воды. Обычно она замутнена взвесями и загрязнена. Употреблять ее без предварительной очистки, как правило, нельзя. Подземные воды, особенно глубокие, прозрачны, чисты и не требуют очистки. Однако нередко имеют повышенную минерализацию, содержат много железа, сероводорода, фтора. В таких случаях подземные воды также нуждаются в улучшении. При заборе подземных вод с неглубоких горизонтов в них могут попадать загрязнения, для ликвидации которых воду приходится подвергать обеззараживанию (дезинфекции).

Изменением состава примесей, находящихся в воде, можно улучшить ее качество в нужном для потребителя направлении. С этой целью вода подвергается переработке на специальных устройствах по улучшению ее качества.

Очистка воды заключается в ее осветлении, обесцвечивании, дезодорации (устранении запахов и привкусов) и обеззараживании.

Удаление из воды взвешенных веществ, т. е. уменьшение ее мутности, называется **осветлением.**

Устранение коллоидных частиц, обусловливающих цветность воды, называется **обесцвечиванием.**

Устранение различных запахов и привкусов воды объединяется процессом **дезодорации.**

Устранение солей, обусловливающих жесткость воды, называется ее **умягчением.**

Удаление из воды избытка солей железа называется **обезжелезиванием.**

Уничтожение в воде бактерий носит название **обеззараживания воды.**

Сырая, т. е. еще не очищенная вода, из источника водоснабжения поступает на очистную станцию, где проходит через ряд устройств, в которых протекают различные производственные операции по превращению ее в чистую воду.

Существуют два метода осветления природной воды: естественный (безреагентный) и искусственный (реагентный). При первом методе

сырая вода в естественном виде очищается без применения каких-либо химикатов, сохраняя при этом химический состав осветляемой природной воды. Безреагентное осветление воды может осуществляться двумя способами: пленочного фильтрования и объемного фильтрования. При большой мутности осветляемой воды иногда возникает необходимость предварительного грубого осветления воды в отстойниках, гидроциклонах. При искусственном методе осветления сырая вода подвергается химической обработке, которая в определенной степени изменяет ее химический состав, а также форму и размеры суспензий. Осветление воды искусственным методом осуществляется тремя этапами. На первом, подготовительном, этапе сырая вода подвергается обработке различными химическими реагентами. Подготовка воды увеличивает эффективность последующих приемов осветления. Второй этап осветления заключается в осаждении из воды взвешенных частиц. На последнем этапе фильтрацией удаляются из воды мелкие суспензии, не задерживаемые осаждением.

В рыбоводных установках с оборотным использованием воды используют интенсивные и эффективные методы очистки, обеспечивающие требуемое количество оборотной воды с ее минимальными потерями. Технологическая схема очистки воды в них должна обладать надежностью и стабильностью в работе при возможных изменениях ее внешних параметров. Методы очистки воды в рыбоводных установках с оборотным использованием воды подразделяют на четыре группы: физические, химические, физико-химические и биологические. В зависимости от назначения блока очистки в нем может присутствовать тот или иной метод или их комбинация.

Физический метод подразумевает отстаивание, осаждение, фильтрацию и флотацию для удаления твердых отходов из воды. Очистка воды осуществляется в отстойниках различных типов (горизонтальных, вертикальных, радиальных), а также полочных и тонкослойных отстойниках, снабженных какими-либо скребковыми устройствами. Эффективность процесса отстаивания в целом определяется соотношением объема емкости отстойника и скорости протока воды через него. Принцип осаждения присутствует в случае применения центрифуги и гидроциклонов. Они не только осветляют воду, но и способствуют удалению некоторого количества азотных соединений из оборотной воды.

Химические методы включают в себя окисление и коагуляцию органических загрязнений с помощью соединений хлора, озона, гидро-

окисей железа или алюминия, квасцов. Из химических методов все большая роль отводится озону, использование которого основывается исключительно на его стерилизующих свойствах, поскольку озон не разлагает малых концентраций азотистых соединений в воде.

В качестве физико-химических методов применяют метод адсорбции. В качестве сорбентов используются активированный уголь, цеолиты или искусственные смолы.

Биологический метод является наиболее распространенным способом очистки воды и заключается в утилизации загрязнений с помощью микроорганизмов в процессе минерализации, нитрификации и денитрификации.

5.3. Процесс регенерации оборотной воды

Самой продвинутой технологией аквакультуры является выращивание рыбы в закрытых рециркуляционных системах – установках замкнутого водоснабжения (рис. 5.1).

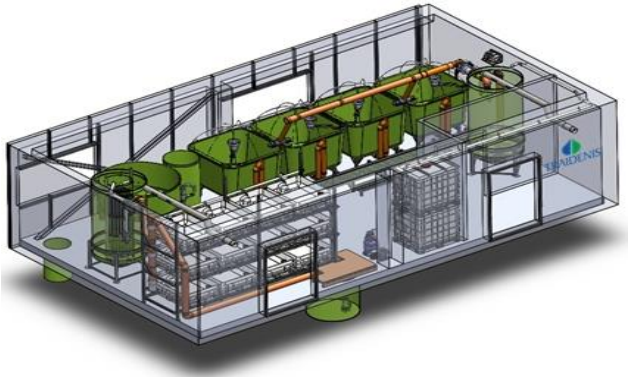


Рис. 5.1. Закрытая рециркуляционная система (УЗВ)

Гидробионты находятся в бассейнах с высокой плотностью посадки. Подпитка свежей воды составляет 5–15 % в сутки от объема воды в установке. Это достигается путем использования системы механических и биологических фильтров для очистки отработанной воды с ее повторным использованием.

Основной целью биологической фильтрации является удаление растворенных веществ (аммиак, растворенные органические вещества, мел-

кие частицы), прошедших механическую фильтрацию. В биофильтре происходят два биологических процесса:

1) удаление органического вещества гетеротрофными бактериями;

2) удаление автотрофными бактериями путем нитрификации.

Поскольку оба процесса потребляют кислород, оптимальная производительность биофильтра зависит от количества кислорода. Кроме этого, выделяемый углекислый газ приводит к падению уровня pH. В связи с этим необходимо ежедневно контролировать в целях оптимизации процесса нитрификации и трансформации органического вещества в биофильтре следующих показателей: pH, температуры воды, концентрации водорода, содержания органических веществ.

Регулярная промывка биофильтра способствует улучшению протекания процесса нитрификации, так как гетеротрофные бактерии, поглощающие кислород, могут замедлить процесс нитрификации, а регулярная промывка помогает поддерживать оптимальный баланс между гетеротрофными и автотрофными бактериями.

Для этого необходимо проверять параметры воды и работу узлов УЗВ (толщину биопленки в биофильтре, работу перфорированного бассейна, генераторы кислорода, оксигенаторы, флотаторы, насосы, состояние трубопроводов и т. п.). В УЗВ, как правило, находятся окисляющие вещества – озон, кислород – и восстанавливающие (органические соединения в корме или экскрементах), которые называют окислительно-восстановительным потенциалом. В УЗВ не применяется окислительно-восстановительный потенциал больше 400 мВ и ниже 200 мВ. Измерение окислительно-восстановительного потенциала дает косвенную концентрацию озона в воде.

Содержание растворенного кислорода в воде зависит от актуальной температуры воды. Это связано с тем, что вода может растворить только определенное количество кислорода. Оптимальным является такое содержание кислорода в воде, которое близко к полному насыщению (100 %).

5.4. Оборудование для очистки воды

Если вода находится в покое или движется с очень небольшой скоростью, то содержащиеся в ней взвешенные вещества, плотность которых больше, чем плотность воды, под действием силы тяжести осаждаются, и вода осветляется. Отстаивание происходит в сооружениях, называемых **отстойниками**, через которые непрерывно протекает вода

с небольшой скоростью. Выделяющиеся из воды взвешенные вещества осаждаются на дно отстойника, образуя осадок. Скорость осаждения взвешенных веществ зависит от их формы, размеров, плотности, шероховатости частиц и температуры воды. Скорость осаждения взвешенной частицы при температуре воды 10 °С называют **гидравлической крупностью частицы.**

Вначале отстаивание происходит наиболее интенсивно, но с течением времени по мере выпадения наиболее тяжелых частиц процесс отстаивания замедляется. Для полного осветления воды требуется очень много времени, поэтому на практике задаются степенью осветления воды, т. е. ограничиваются определенной продолжительностью отстаивания. Скорость выпадения взвешенных частиц, а следовательно, и продолжительность отстаивания неодинаковы для вод разных источников. При отсутствии данных лабораторных исследований скорость осаждения взвешенных частиц u_o ориентировочно принимают:

а) для цветных вод с содержанием взвешенных веществ до 200–250 мг/л при коагулировании взвеси u_o = 0,35–0,45 мм/с;

б) для мутных вод с содержанием взвешенных веществ более 250 мг/л при коагулировании взвеси u_o = 0,5–0,6 мм/с;

в) для мутных вод без коагулирования взвеси u_o = 0,12–0,15 мм/с.

В зависимости от направления движения воды отстойники бывают горизонтальные, вертикальные и радиальные. В отстойниках различают зону осаждения, где происходит осаждение взвеси из воды, и зону накопления и уплотнения осадка.

5.4.1. Механическая очистка. Отстойники

Горизонтальный отстойник – прямоугольный, вытянутый в сторону движения железобетонный резервуар, в котором осветляемая вода движется вдоль отстойника (рис. 5.2).

Для повышения равномерности распределения воды объем отстойника в продольном направлении делят перегородками на коридоры шириной 3–6 м. Дно отстойника выполняют с продольным уклоном 0,01 в направлении приямка. Каждый коридор имеет поперечный уклон ≥0,05. В качестве механизированных средств удаления осадка применяют скребковый транспортер, который сгребает осадок в приямок, откуда этот осадок откачивается насосом.

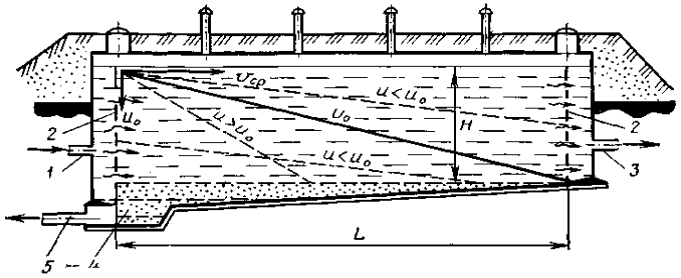


Рис. 5.2. Схема горизонтального отстойника:
1 – подача воды; *2* – дырчатые распределительные перегородки;
3 – выпуск осветленной воды; *4* – приямок; *5* – удаление осадка

Вертикальный отстойник представляет собой круглый или квадратный в плане резервуар с камерой хлопьеобразования водоворотного типа в центральной трубе (рис. 5.3) и с коническим (пирамидальным) днищем с углом наклона стенок к горизонтали 50–55°.

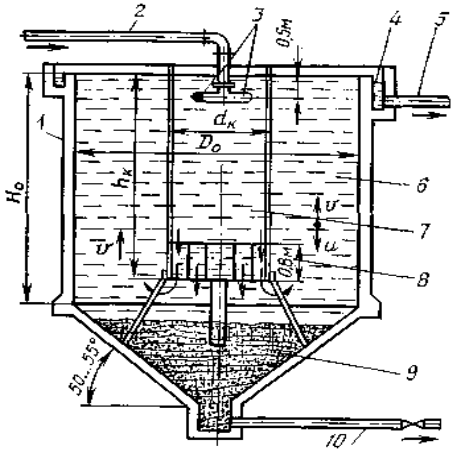


Рис. 5.3. Вертикальный отстойник со встроенной водоворотной камерой хлопьеобразования:
1 – корпус отстойника; *2* – подача воды от смесителя;
3 – сопла; *4* – отводящий периферийный желоб;
5 – отвод осветленной воды на фильтры;
6 – зона осаждения; *7* – камера хлопьеобразования;
8 – гаситель; *9* – осадочная часть; *10* – выпуск осадка

В центре отстойника находится камера хлопьеобразования. Осадок, накапливающийся в нижней части отстойника, периодически удаляется (не прекращая работу) самотеком при открытой задвижке на выпускной трубе. Отстаивание воды в отстойнике осуществляется следующим образом. Вода подается в верхнюю часть камеры, где соплами плавно перемешивается, обретая вращательное движение, и через гаситель движется вверх по кольцевому сечению между корпусом отстойника и камерой хлопьеобразования и отводится через сборный кольцевой лоток в отводную трубу. Взвешенные частицы во время восходящего движения воды стремятся опуститься со скоростью выпадения частиц u_0 вниз.

Радиальный отстойник представляет собой круглый в плане железобетонный резервуар, в который осветляемая вода подводится снизу в центр и изливается через воронку, обращенную широким концом кверху (рис. 5.4). Вокруг воронки располагается цилиндр-успокоитель с глухим дном и дырчатыми стенками. Наличие такого цилиндра способствует более равномерному распределению воды по рабочей высоте отстойника. Вода медленно движется от центра к периферии и сливается в периферийный желоб.

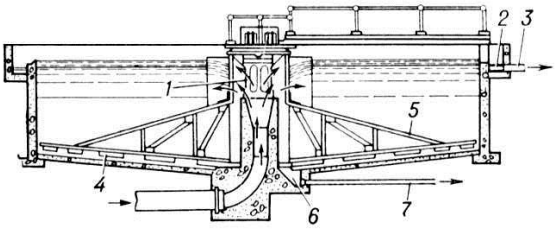


Рис. 5.4. Радиальный отстойник:
1 – центральная распределительная труба; *2* – круговой желоб;
3 – труба; *4* – скребки; *5* – движущаяся ферма; *6* – приямок;
7 – иловая труба

Для удаления осадка служит медленно вращающаяся металлическая ферма с укрепленными на ней скребками, сгребающими осадок к центру отстойника, откуда он непрерывно или периодически выпускается или откачивается. Одним концом ферма опирается на опору в центре отстойника, а другим – на тележку, движущуюся по стенке отстойника.

Эффективность работы отстойников зависит от правильно принятых параметров их работы: скорости движения воды, скорости выпадения осадка, времени осаждения взвешенных веществ и равномерности распределения потока воды по сооружению.

5.4.2. Фильтры

Важной стадией осветления воды является ее фильтрование. **Фильтрованием** называют процесс пропуска воды через фильтрующий материал, задерживающий нерастворенные примеси. Сооружения и устройства, в которых происходит процесс фильтрования, называют фильтрами. При фильтровании вода проходит через узкие поровые каналы того или иного пористого вещества, которое называется пористой средой фильтрации или **фильтрующим материалом.**

Интенсивность процесса фильтрования измеряется количеством воды (в кубических метрах), прошедшей за 1 ч через 1 $м^2$ площади фильтра в плане, поэтому ее принято называть скоростью фильтрации. Поданная на фильтр вода проходит через фильтрующий слой, оставляя в нем взвеси, собирается дренажным устройством и отводится в резервуар чистой воды. Фильтрующая загрузка загрязняется задержанными ею взвесями и требует периодической очистки или промывки водой. Необходимость очистки фильтра определяют по возрастанию потери напора в нем. В начале фильтрования, когда поры фильтрующего слоя свободны, потеря напора в фильтре сравнительно невелика. По мере сужения пор задержанной взвесью она возрастает и, наконец, достигает некоторого предела, при котором фильтр теряет задерживающую способность (грязеемкость). Поэтому, когда потери напора в фильтре достигают предела, его выключают и очищают или промывают.

В зависимости от применяемого фильтрующего материала фильтры можно разделить на две группы – тонкостенные фильтры, в которых используются пленки, ткани, пористые плиты, плотные сетки, тонкие слои порошка, и зернистые фильтры.

Существует два вида фильтрования: пленочное и объемное.

В первом примеси задерживаются на поверхности фильтрующего материала. Пленочное фильтрование осуществляется на тонкостенных и медленных фильтрах. Мелкозернистая фильтрующая загрузка, имеющая мелкие поры, вначале задерживает на своей поверхности наиболее крупные частицы. Последние, заклиниваясь в порах, сужают их сечение, благодаря чему начинает задерживаться более мелкая взвесь.

Этот процесс быстро прогрессирует, в порах задерживаются все более и более мелкие частицы, а затем коллоиды и даже бактерии. Так на поверхности фильтра образуется фильтрующая пленка с очень тонкими порами. После этого качество фильтрата становится очень высоким. Задержанные пленкой бактерии и органические вещества обусловливают возникновение в ней биологических процессов, включая развитие низших организмов, поглощающих бактерии. Зерна песка обрастают студенистой массой, являющейся хорошим сорбентом. В результате биологических процессов большинство (до 99 %) бактерий, находящихся в воде, задерживается пленкой и погибает.

При объемном фильтровании примеси задерживаются внутри фильтрующего слоя в порах материала. Объемное фильтрование осуществляется на скорых фильтрах с разнозернистой загрузкой (кварцевый песок). При определенных условиях в зернистых фильтрах имеет место комбинированное фильтрование, когда часть примесей задерживается на поверхности, а часть – в порах.

Зернистые фильтры применяют для осветления и обесцвечивания поверхностных вод, а также для обезжелезивания подземных вод.

Зернистые фильтры можно классифицировать по нескольким признакам:

– по напору над фильтрующим материалом – на открытые (гравитационные) фильтры, где фильтрование воды происходит под атмосферным давлением, и напорные фильтры, в которых над зернистым слоем создается избыточное давление;

– по скорости фильтрования – на медленные (0,1–0,2 м/ч), скорые (4–25 м/ч) и сверхскорые (свыше 25 м/ч);

– по крупности зерен фильтрующего материала в верхних слоях фильтра – на мелкозернистые (до 0,4 мм), среднезернистые (0,4–0,8 мм) и грубозернистые (свыше 0,8 мм);

– по количеству слоев разных зернистых материалов – на одно-, двух-, трех- и многослойные фильтры;

– по направлению движения фильтрующего потока – на фильтры с нисходящим или восходящим фильтрованием.

Фильтр *5* (рис. 5.5) представляет собой барабан в виде металлического каркаса, покрытого по цилиндрической поверхности фильтрующими элементами из поддерживающих и рабочих сеток (из нержавеющей стали). Вращающийся барабан *6* помещен в металлический каркас *2*. Вода от бассейнов поступает на него через входное отверстие *1* внутрь барабана и профильтровывается через микросетку, установлен-

ную на барабане, а затем стекает в поддон. Над барабанным фильтром находится металлическая крышка с отверстием для подачи промывочной воды *4*. Осадок (взвешенные вещества) удаляются из металлического барабанного фильтра через выходное отверстие *3*. Для нормальной работы фильтров их отключают через определенное время на промывку.

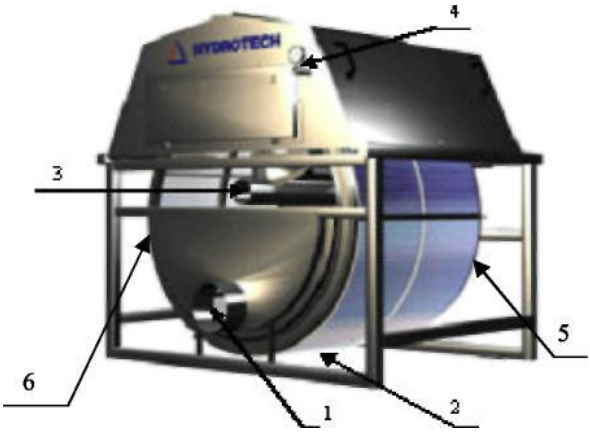


Рис. 5.5. Механический барабанный фильтр:
1 – входное отверстие для неочищенной воды;
2 – выход для очищенной воды;
3 – выходное отверстие для ила;
4 – отверстие для промывочной воды;
5 – барабанный фильтр;
6 – резиновый изоляционный обод

Для очистки пресной воды, загрязненной продуктами жизнедеятельности гидробионтов, в бассейновых хозяйствах применяют комбинированные фильтры.

Комбинированный фильтр КФ-10 (рис. 5.6) применяется в рыбоводных хозяйствах при разведении и выращивании всех видов пресноводных рыб и ракообразных.

Фильтр представляет собой квадратный корпус с конусным дном *1*. В верхней части корпуса устроены слив *2* и патрубок *4*. Верхняя часть сечения корпуса перекрыта сеткой *5*, под которой находится плавающая фильтрующая загрузка, состоящая из полиэтиленовых гранул.

Под слоем фильтрующей загрузки размещена кольцевая перфорированная труба *7* с патрубком *8*, через который подается сжатый воздух. В нижней части корпуса устроен патрубок *9*, через который сливается осадок. В корпусе фильтра через патрубок *10* подается тангенциально вода, которая загрязнена продуктами жизнедеятельности гидробионтов. Вращательное движение воды в корпусе фильтра способствует выпадению в осадок взвешенных частиц с накоплением их в нижней конусной части. Под напором, который создается при помощи насоса, очищаемая вода поднимается вверх через фильтрующий слой плавающей загрузки, где очищается от взвесей и уходит через сливной патрубок *2*.

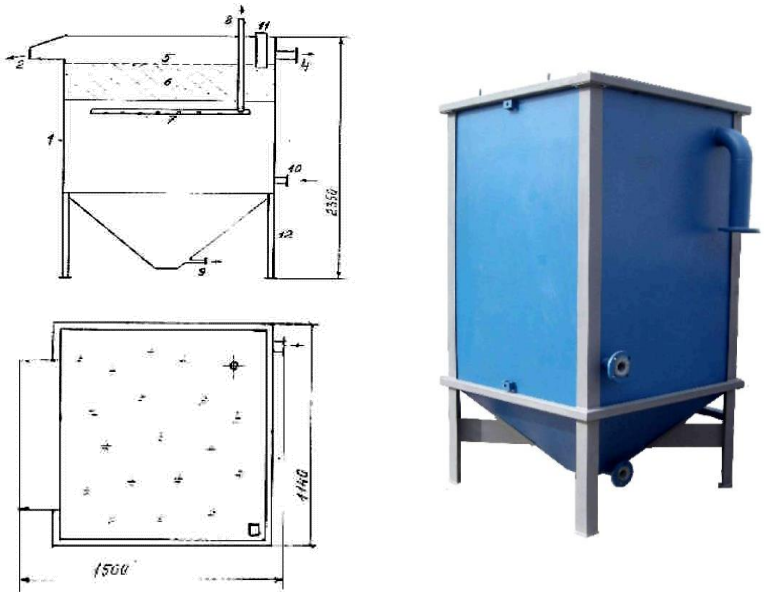


Рис. 5.6. Комбинированный фильтр КФ-10:
1 – квадратный корпус с конусным дном; *2* – слив; *3* – металлический каркас; *4, 8, 9, 10* – патрубок; *5* – сетка; 6 – плавающая фильтрующая загрузка; *7* – кольцевая перфорированная труба; *11* – фланец; *12* – стойки каркаса

Очистка фильтра от накопившего осадка осуществляется через 24 ч следующим образом:

– перекрывается патрубок *10*, через который осуществляется подача очищаемой воды;

– открывается патрубок *4*;

– через патрубок *8* включается подача сжатого воздуха, который производит барботаж гранул плавающей загрузки в течение 20 мин;

– после выключения подачи сжатого воздуха в течение 30 мин осуществляется отстаивание осадка;

– по завершении отстаивания открывается сливной патрубок *9*;

– после завершения слива осадка в работу включается патрубок *10*, через который подается вода на очистку;

– через 10 мин после включения подачи очищаемой воды перекрывается патрубок *4* и фильтр продолжает свою работу по очистке воды.

Для очистки воды в замкнутых рыбоводных установках применяют фильтр-гидроциклон.

Фильтр-гидроциклон (рис. 5.7) размещается в цилиндрическом корпусе *1* с конусным дном *2*.

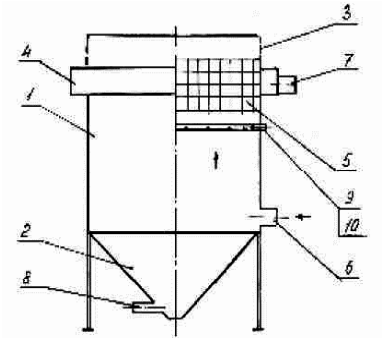




Рис. 5.7. Фильтр-гидроциклон:
1 – цилиндрический корпус; *2* – конусное дно;
3 – кольцевая сетка; *4* – кольцевой лоток; *5* – крупноячеистая сетка; *6* – патрубок;
7 – плавающая полиэтиленовая загрузка; *8* – патрубок слива осадка;
9 – кольцевая перфорированная труба; *10* – патрубок подачи сжатого воздуха

В верхней части устроена кольцевая сетка *3* и кольцевой лоток *4*. Внутри корпуса размещены плавающая полиэтиленовая загрузка *7* и патрубок слива осадка *8*. Под плавающей загрузкой размещается кольцевая перфорированная труба *9*, соединенная с патрубком подачи сжатого воздуха *10*. Принцип работы фильтра заключается в следующем. Вода, загрязненная продуктами жизнедеятельности гидробионтов, по-

дается под слой плавающей загрузки через патрубок *6*. В корпусе фильтра вода совершает круговое движение, что способствует выпадению осадка в конусном дне. Далее вода поднимается через плавающую загрузку и переливается через сетку и попадает в кольцевой лоток с последующим удалением через патрубок *7*. Накопившийся осадок удаляется периодически. Перед удалением отключается подача воды и включается подача сжатого воздуха для барботирования загрузки. После отключения подачи сжатого воздуха осадок отстаивается в конусной части фильтра и сливается через патрубок *8*. После этого фильтр вновь готов к работе.

В качестве фильтрующего материала в зернистых фильтрах используют кварцевый песок, керамзит, шунгизит, вулканический шлак. В фильтрах с плавающей загрузкой применяют синтетический материал – пенополистирол. Эффективными, но дорогими материалами являются дробленый антрацит и различные марки активированных углей заводского изготовления (АГ-3, БАУ, ДАУ), которые применяются в сорбционных фильтрах.

Основным рабочим элементом фильтровальных сооружений является фильтрующая загрузка, которая должна соответствовать техническим требованиям. К числу этих требований относятся необходимый фракционный состав загрузки, надлежащая степень однородности размеров ее зерен, механическая прочность зерен загрузки, химическая стойкость зерен по отношению к фильтруемой воде.

Фракционный состав фильтрующей загрузки и степень однородности размеров ее зерен в сильной степени влияют на правильную работу фильтра. Применение фильтрующего материала более крупного, чем необходимо согласно требованиям, приводит к снижению качества осветления воды. Применение более мелкого фильтрующего материала приводит к перерасходу промывной воды для фильтра. Применение фильтрующего материала, степень неоднородности которого по величине зерен превышает допустимые пределы, ухудшает условия его промывки. При промывке такого фильтрующего материала водой, движущейся снизу вверх, вынос верхних мелких его фракций начинается раньше, чем придет в движение основная масса зерен загрузки. Так как промывка фильтров должна производиться без выноса из них фильтрующего материала, приходится снижать интенсивность, чтобы прекратить вынос мелких фракций, хотя при этом значительная часть фильтрующего слоя будет промыта недостаточно. Ухудшение условий промывки фильтра, применение весьма неоднородного по крупности

материала вызывают ухудшение условий фильтрования. Поэтому существующими нормативными документами регламентируется допустимая степень неоднородности фильтрующего материала.

Крупность и однородность фильтрующего материала определяют ситовым анализом на ряде калиброванных сит. Калибр сита определяется диаметром шара, равновеликого по объему наиболее крупным зернам фильтрующего материала, проходящим еще через данное сито. Результатом установления гранулометрического состава и однородности является построение графика ситового анализа фильтрующего материала, по которому определяются основные показатели фильтрующей загрузки. К ним относятся эквивалентный диаметр зерен, который имеет значение при расчете фильтрующей загрузки, и его коэффициент неоднородности.

Важным показателем качества фильтрующего материала является его механическая прочность. Если фильтрующий материал недостаточно прочен, то во время промывок, когда зерна находятся во взвешенном состоянии и движении, происходит их истирание и измельчение. Из-за отложения измельченных зерен у поверхности фильтрующей загрузки происходит снижение производительности фильтра. Вынос измельченных зерен при промывке является безвозвратной потерей фильтрующего материала.

Механическая прочность фильтрующего материала оценивается по двум показателям:

а) истираемости – проценту износа материала вследствие трения зерен друг о друга во время промывок;

б) измельчаемости – проценту износа вследствие растрескивания зерен.

Измельчаемость фильтрующего материала не должна превышать 4 %, а истираемость – 0,5 %.

Химическая стойкость фильтрующего материала означает, что материал не должен растворяться в кислой, щелочной и нейтральной среде.

5.5. Биологическая очистка воды

Биологическая очистка воды в замкнутых системах заключается в утилизации растворенных соединений с помощью микроорганизмов посредством процессов минерализации, нитрификации и денитрификации. Конечным продуктом белкового обмена у рыб является аммиак, который составляет около 60–80 % всех азотистых (органических) со-

единений, постоянно выделяемых рыбой через жабры и почки в воду. Аммиак является токсическим веществом, от которого избавляются при помощи биологической очистки.

Цель биологической очистки в замкнутых системах – превратить аэробные и анаэробные биологические процессы в полезные реакции, ограниченные во времени и пространстве, аналогично процессам самоочищения водоемов в естественных условиях. Процесс очистки осуществляется микроорганизмами, закрепленными на поверхности загрузки, а также взвешенной микробной массой (активный ил). Основные группы микроорганизмов, обитающие в устройствах биологической очистки, – автотрофные и гетеротрофные виды бактерий.

Продукты метаболизма рыб состоят из общего аммония и аммиака (NH_4 + NH_3), растворенного в воде азота, но еще зафиксированного в органических веществах. Гетеротрофные бактерии окисляют органические азотсодержащие компоненты, превращая их в простые неорганические соединения, главными из которых являются вода, углекислый газ (диоксид углерода) и аммиак. Этот первый этап биологической очистки носит название «аммонификация» (минерализация). Скорость аммонификации зависит в основном от температуры и содержания кислорода в воде. Процесс аммонификации не потребляет щелочности воды, но может уменьшать pH воды в результате накопления CO_2, поэтому pH воды должен находиться в пределах от 5,0 до 9,0.

После того как органические соединения переведены гетеротрофными бактериями в неорганическую форму, биологическая очистка вступает в следующую стадию, получившую название «нитрификация». Под этим процессом понимают биологическое окисление аммония до нитритов и нитратов. На практике нитрификацию осуществляет очень ограниченная группа автотрофных микроорганизмов. Процесс происходит в два этапа. На первом этапе аммоний окисляется до нитрата под действием бактерий, называемых *Nitrosomos*. Затем нитрит окисляется до нитрата под действием другой группы бактерий, называемых *Nitrobacter*. На этот процесс также оказывают влияние бактерии родов *Nitrospira* и *Nitrosocystis*. Окисление аммония под действием бактерий можно выразить следующей реакцией:

$$NH_4^+ + OH^= + 1{,}5O_2 = H^+ + NO_2^= + 2H_2O. \qquad (5.1)$$

Нитрит-окисляющие бактерии осуществляют следующую реакцию:

$$NO_2^= + 0{,}5O_2 = NO_2. \qquad (5.2)$$

Главный итог этих уравнений – превращение токсичного аммония в нитраты, которые гораздо менее ядовиты для рыб.

Процесс нитрификации приводит к окислению неорганического азота. Одновременно идет процесс восстановления неорганического азота – денитрификация. В процессе денитрификации происходит переход азота из нитратов в газообразное состояние. Основными денитрифицирующими бактериями являются *Pseudomonas*, *Achromobakter*, *Bacillus* и др. Если одновременно с нитритами в среде присутствуют аммонийные соли или аминокислоты, то свободный азот выделяется за счет их химического взаимодействия (косвенная денитрификация), когда при прямой денитрификации восстановление нитратов идет до свободного азота. Таким образом, денитрификация, в отличие от минерализации и нитрификации, уменьшает количество неорганического вещества в воде.

Минерализация, нитрификация и денитрификация являются процессами, происходящими во вновь запускаемой системе. В установившейся системе они идут параллельно. Запуск и вывод в рабочий режим аппаратов биологической очистки воды в рыбоводных установках с замкнутым циклом водоснабжения являются одним из важных и ответственных периодов их эксплуатации.

5.5.1. Оборудование для биологической очистки

Существующие приемы биологической очистки в рыбоводных системах можно условно разделить на две неравные группы. Первая, где процессы очистки происходят в естественных условиях в прудах-отстойниках или дренажных канавах и полностью зависят от сезонных условий. Вторая, объединяющая все современные системы, где процессы микробиологической очистки протекают в искусственно создаваемых условиях при помощи специальных сооружений – биофильтров и аэротенков. В хорошо работающем биофильтре (аэротенке) преобладают процессы нитрификации и поэтому эти сооружения еще называют нитрификаторами. Ведущая роль нитрификации определяется узловым положением всех процессов биологической очистки: в ходе ее токсичный для рыб аммиак окисляется до нитритов, а затем нитратов. При включении в цикл системы денитрификации нитраты в анаэробных условиях восстанавливаются до природного газа – молекулярного азота. Нитрификаторы в зависимости от конструк-

тивных отличий делят на аэротенки, погружные биофильтры, орошаемые биофильтры, вращающиеся биофильтры.

Для очистки воды в аэротенке применяется метод суспензирования различных штаммов бактерий, или так называемый активный ил. Схема очистки воды в общем виде представлена на рис. 5.8.

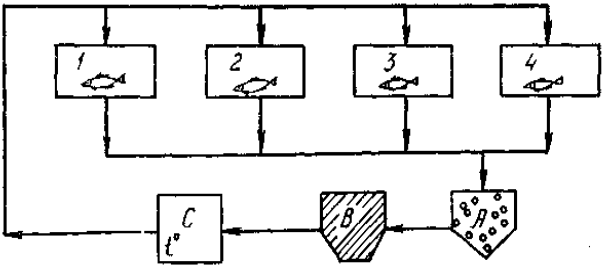


Рис. 5.8. Схема очистки воды с использованием аэротенка:
1, 2, 3, 4 – бассейны с рыбами; *A* – аэротенк;
B – бассейн дополнительной очистки; *C* – бассейн подогрева воды

Загрязненная вода из рыбоводных бассейнов отводится в емкость *A*, в которой подвергается очистке с помощью активного ила. В прилегающем бассейне *B* происходит дополнительная очистка, освобождение от твердых частиц, далее вода поступает в бассейн *C*, где подогревается и вновь подается в емкости с рыбой.

Для очистки оборотной воды от загрязнений, поступающих в процессе жизнедеятельности рыбы, используют типовую компактную установку ВИЗа (рис. 5.9), представляющую собой аэротенк со встроенным вторичным отстойником. Размеры аэротенка 15×6×2 м, объем 180 м^3 при общем объеме воды в установке 240 м^3. Очистка осуществляется в следующем порядке: вода из рыбоводных емкостей самотеком поступает в аэрируемую зону, где вступает в контакт с активным илом, рабочая концентрация которого в этой зоне составляет 3–5 г/л. Ил перемешивается с воздухом, распыленным через фильтроносные трубы. В зоне аэрации органически связанный азот, остатки комбикорма и выделений рыб переводятся в аммоний, который благодаря бактерии *Nitrosomos* окисляется до нитритов, а последние с помощью *Nitrobacter* превращаются в нетоксичные для рыб соли азотной кислоты. Из зоны аэрации смесь оборотной воды с активным илом поступает во встроенный от-

стойник через щель в нижней части конуса, где происходят осаждение ила, фильтрация воды через взвешенный слой ила и денитрификация.

Для биологической очистки воды в установках с замкнутым циклом водообеспечения в настоящее время применяют биофильтры – устройства, использующие прикрепленную микрофлору. Очистные сооружения, использующие активный ил (аэротенки), не получили широкого распространения в основном из-за низкой удельной производительности.

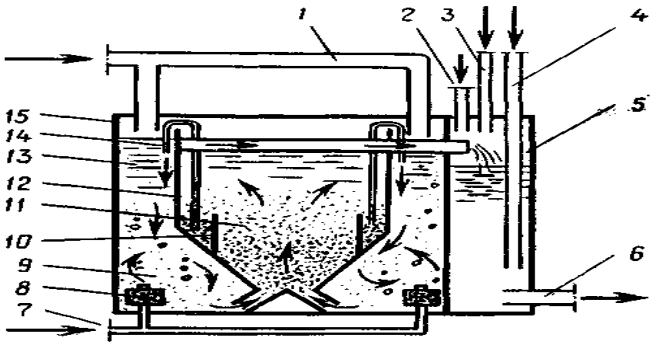


Рис. 5.9. Очистное сооружение ВИЗа:
1 – подача воды из рыбоводных бассейнов на очистку; *2* – отвод неочищенной воды от рыбоводных бассейнов; *3* – подача свежей воды; *4* – подача пара на подогрев воды; *5* – приемный резервуар; *6* – подача очищенной воды на оксигенатор; *7* – воздухопровод; *8* – распылитель воздуха; *9* – аэрируемая зона; *10* – карман для сбора активного ила; *11* – зона фильтрации и отстоя очищенной воды; *12* – встроенный отстойник; *13* – лоток сбора очищенной воды; *14* – эрлифт регенерации активного ила; *15* – аэротенк

Биофильтры (рис. 5.10) представляют собой емкости, заполненные загрузкой различного типа, на поверхности которой развивается бактериальная пленка, осуществляющая очистку воды. В ранних конструкциях (рис. 5.11) применяли гравий, керамзит, раковины моллюсков и т. д. В настоящее время широко применяют различные виды специальной пластиковой загрузки. Повышение удельной производительности устройств биологической очистки привело к резкому сокращению объема блоков очистки УЗВ. Если у первых УЗВ соотношение объемов рыбоводных емкостей и аппаратов водоподготовки составляло 1:(5–10), то для современных систем этот показатель равен 1:(0,5–1).



Рис. 5.10. Принцип действия биофильтра
(биологическая нитрификация / денитрификация)

Существующие типы биофильтров условно делят на три группы: погружные, орошаемые, вращающиеся.

В погружных биофильтрах вся масса загрузки находится ниже поверхности воды в емкости (рис. 5.11).

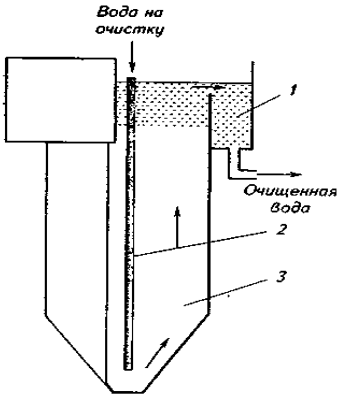


Рис. 5.11. Биофильтр с песчаной загрузкой:
1 – водосборное кольцо;
2 – водоподающая труба; *3* – загрузка
(песок, удерживаемый во взвешенном
состоянии током воды)

В устройствах данного типа применяют в основном мелкозернистую регенерируемую загрузку (полимерные гранулы, песок), а также

пластиковые элементы с развитой поверхностью. Погружные биофильтры просты в эксплуатации, не требуют создания больших перепадов уровней воды в установке, что позволяет использовать циркуляционные насосы меньшей мощности и работать в широком диапазоне гидравлических нагрузок. Особенностью погружных биофильтров является относительно высокая концентрация кислорода (6–8 мг/л) в поступающей воде на очистку.

В орошаемых (капельных) биофильтрах (рис. 5.12) слой загрузки располагается выше уровня воды в емкости. Биологическая очистка происходит в тонком слое воды, стекающей по загрузке, что позволяет поддерживать оптимальный режим и тем самым увеличивать активность микроорганизмов биопленки по окислению органических соединений. В орошаемых биофильтрах применяют кассетную и сотовую загрузки, а также пластиковые элементы с высокой удельной площадью поверхности. Наиболее совершенной конструкцией орошаемого биофильтра является конструкция в виде закрытой камеры с движением воды сверху вниз и подачей воздуха с помощью компрессора в нижнюю часть фильтра.

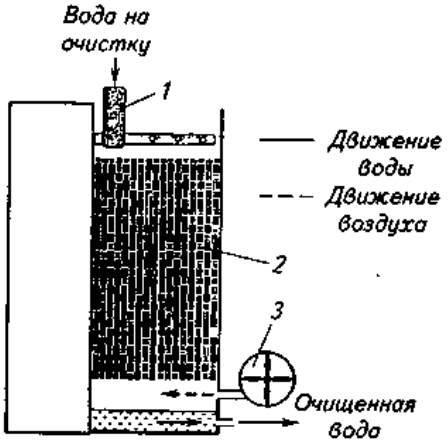


Рис. 5.12. Орошаемый биофильтр:
1 – реактивный ороситель;
2 – загрузка; *3* – воздушный насос

Орошаемые биофильтры имеют высокую окислительную мощность, просты по конструкции, очищают воду с минимальной исходной концентрацией кислорода, но работают в достаточно узком диапазоне гидравлических нагрузок. Применение орошаемых биофильтров в системе очистки требует значительного увеличения перепада уровней воды в системе, вследствие чего возрастает мощность циркуляционных насосов, а также требуются специальные технические решения по равномерному распределению воды по поверхности площади биофильтра.

В некоторых случаях приходится объединять в одном корпусе два биофильтра. Подобную конструкцию имеет биофильтр СПГАСУ (ВНИИПРХ), который в верхней части – типичный орошаемый биофильтр, а в нижней – погружной (рис. 5.13).

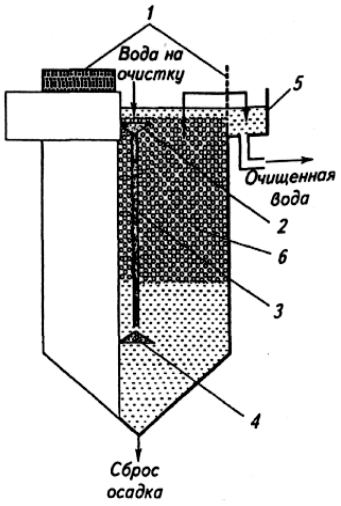


Рис. 5.13. Биофильтр с регенерируемой загрузкой из полиэтиленовых гранул:
1 – сетка; *2* – приемная воронка; *3* – гидроэлеватор; *4* – отбойная тарелка; *5* – водосборное кольцо; *6* – загрузка (полиэтиленовые гранулы диаметром 2,5 мм)

Орошаемая часть биофильтра способствует увеличению интенсивности окисления органических веществ.

Отличительной особенностью ***вращающихся биофильтров*** является периодическая смена воздушной и водной среды на поверхности

биофильтра (рис. 5.14). Это позволяет улучшить кислородный режим системы и тем самым существенно увеличить ее производительность.

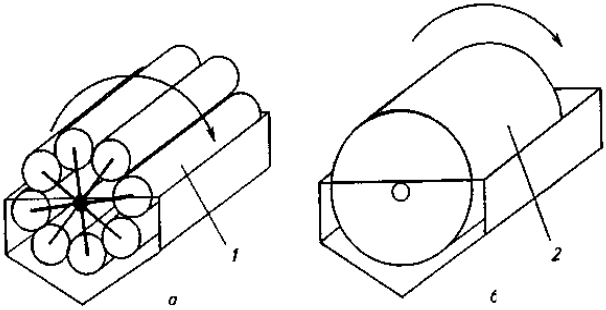


Рис. 5.14. Вращающиеся биофильтры:
а – «Штеллерматик»; *б* – «Евроматик»;
1 – перфорированные трубы,
заполненные гофрированными пластиковыми дисками;
2 – сетчатый барабан, заполненный пластиковой загрузкой

В конструктивном плане подобные устройства представляют собой вращающуюся систему пластиковых перфорированных труб, заполненных гофрированными полиэтиленовыми дисками («Штеллерматик»), или вращающий барабан, заполненный пластиковыми элементами с большой площадью поверхности («Евроматик»). Вращающиеся фильтры не требуют создания в УЗВ больших перепадов уровней воды, имеют высокую окислительную мощность, способны эффективно очищать воду с незначительной исходной концентрацией кислорода. К недостаткам этих устройств относятся сложность конструкции, наличие дополнительного элетропривода и ограниченный объем вращающейся части фильтра.

Эффективность работы биофильтров зависит от многих факторов: температуры, pH, концентрации в воде растворенного кислорода, времени удержания воды в толще загрузки, солености, исходной концентрации загрязнений в воде, подаваемой на очистку, и наличия в ней веществ, ингибирующих деятельность микрофлоры. Установлено, что температурный оптимум находится в пределах 24–30 ^{o}C, оптимальные величины pH – 7,2–7,8, необходимая концентрация кислорода в очищаемой воде – 6–8 мг/л. Повышение солености воды в значительной степени ингибирует активность биопленки. При солености 35 % окис-

лительная мощность биофильтра на 40–45 % меньше, чем в пресной воде. Интенсивность удаления загрязнений на биофильтре связана линейной зависимостью с их концентрацией в поступающей на очистку воде. Например, при исходной концентрации аммония 1 мг/л окислительная мощность биофильтра составляет 0,3NH_4^+ на 1 м^2 в сутки, а при увеличении количества аммония в оборотной воде до 3,5 мг/л этот показатель возрастает до 1 г/м^2 в сутки.

5.5.2. Разновидности загрузки биологического фильтра

Важнейшей характеристикой биофильтра, определяющей его производительность, является удельная площадь поверхности загрузки. В ранних конструкциях применяли объемную загрузку, имевшую удельную площадь поверхности (УПП) 20–100 м^2/м^3. В настоящее время широко применяют различные виды специальной пластиковой загрузки (рис. 5.15 – сотовая, мелкозернистая, «биошары» с развитой площадью поверхности), имеющие УПП 350 –1750 м^2/м^3, а также биофильтры с регенерируемой песчаной загрузкой (УПП – 3 000–4 000 м^2/м^3).

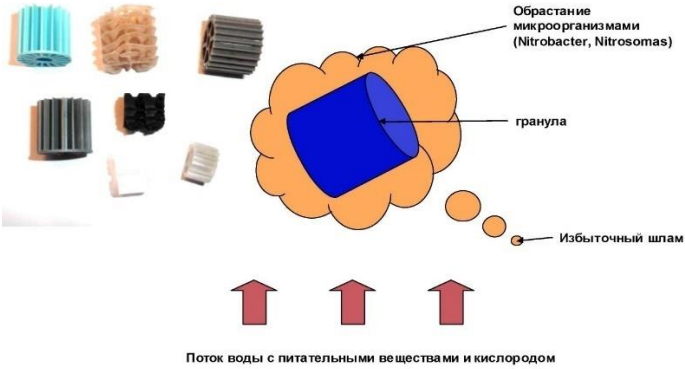


Рис. 5.15. Гранулы, заселяемые бактериями

В качестве регенерируемой песчаной загрузки используют кварцевый песок. В биофильтрах с плавающей загрузкой применяют синтетический материал – пенополистирол.

Основным рабочим элементом в биофильтрах является фильтрующая загрузка, которая должна соответствовать техническим требова-

ниям. К числу этих требований относятся необходимый фракционный состав загрузки, надлежащая степень однородности размеров ее зерен, механическая прочность зерен загрузки, химическая стойкость зерен по отношению к очищаемой воде.

Фракционный состав загрузки определяется степенью однородности размеров ее зерен.

Крупность и однородность песчаного материала определяют ситовым анализом на ряде калиброванных сит. Калибр сита определяется диаметром шара, равновеликого по объему наиболее крупным зернам песчаного материала, проходящим через данное сито. Результатом установления гранулометрического состава и однородности является построение графика ситового анализа песчаного материала, по которому определяются основные показатели загрузки. К ним относятся эквивалентный диаметр зерен, который имеет значение при расчете песчаной загрузки, и его коэффициент неоднородности.

Важным показателем качества песчаного материала является его механическая прочность. Если песчаный материал недостаточно прочен, то во время промывок, когда зерна находятся во взвешенном состоянии и движении, происходит их истирание и измельчение. Из-за отложения измельченных зерен у поверхности песчаной загрузки происходит снижение производительности.

Механическая прочность фильтрующего материала оценивается по двум показателям:

а) по истираемости – проценту износа материала вследствие трения зерен друг о друга во время промывок;

б) по измельчаемости – проценту износа вследствие растрескивания зерен.

Химическая стойкость песчаного материала означает, что материал не должен растворяться в кислой, щелочной и в нейтральной среде.

5.6. Методы и оборудование для обеззараживания воды

Обеззараживание (дезинфекция) воды состоит в уничтожении находящихся в ней живых микроорганизмов, среди которых могут быть патогенные. Обеззараживание воды проводят химическими и физическими методами.

К химическим методам относится обработка воды ионами серебра и озоном, а к физическим – обработка воды ультразвуком и облучение бактерицидными ультрафиолетовыми лучами.

Обеззараживание воды ионами серебра основано на том, что при содержании в воде даже ничтожно малого количества ионов серебра (0,04 мг/л) бактерии погибают. При обеззараживании этим методом воду пропускают через посеребренный песок или через электролизер с серебряными электродами.

Ультразвуковой способ обеззараживания заключается в создании в воде ультразвуковой частоты при помощи специальных генераторов. При этом бактерии погибают в результате механического воздействия волн, ускорения процессов окисления и сворачивания белков.

5.6.1. Озонирование

В настоящее время распространенным методом обеззараживания является **озонирование воды.**

Озон – один из наиболее сильных окислителей, уничтожающих бактерии, споры и вирусы. Кроме того, под воздействием озона одновременно происходит обесцвечивание воды, а также устраняются нежелательные запахи и привкусы. Озон (O_3), необходимый для озонирования, получают из атмосферного воздуха в аппаратах-озонаторах путем воздействия на воздух «тихого» (рассеянного без искр) электрического разряда, сопровождающегося выделением озона. Общая схема установки по озонированию показана на рис. 5.16.

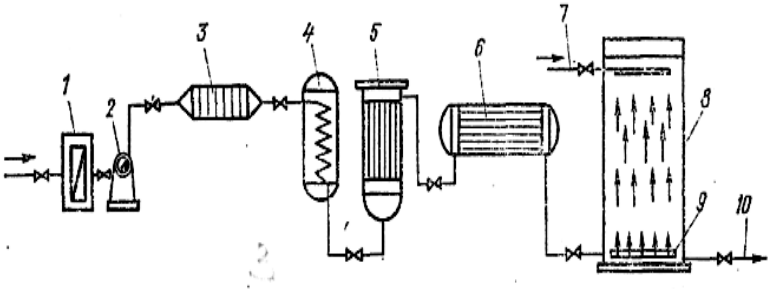


Рис. 5.16. Схема озонаторной установки:
1 – фильтр; *2* – компрессор; *3* – охлаждающее устройство; *4* – устройство для осушки воздуха; *5* – воздухонагреватель; *6* – блок озонатора; *7* – подача воды; *8* – смеситель; *9* – воздухораспределительное устройство; *10* – отвод воды

Озонатор представляет собой горизонтальный аппарат по типу теплообменника с вмонтированными в него стальными (из нержавеющей

стали) трубками. Внутри каждой стальной трубы вставлена стеклянная трубка с небольшой (2–3 мм) кольцевой воздушной прослойкой, являющейся разрядным пространством. Внутренняя поверхность стеклянных труб покрыта графито-медным или алюминиевым покрытием. Стальные трубки являются одним из электродов, а покрытие на внутренней стенке стеклянной трубы – другим. К стальным трубам подводится от трансформатора переменный ток напряжением 8 000–10 000 В, а покрытие из стеклянных трубок заземляется. При прохождении электрического тока через разрядное пространство происходит разряд коронного типа, в результате которого и выделяется газ – озон. Предварительно осушенный воздух проходит через кольцевое пространство и таким образом озонируется, т. е. образуется озоно-воздушная смесь. Стеклянные трубки являются диэлектрическим барьером, благодаря чему разряд получается «тихим», т. е. рассеянным, без образования искр. При этом до 90 % электроэнергии превращается в теплоту, которую нужно отвести от озонатора. Для этого в межтрубном пространстве озонатора циркулирует охлаждающая вода. Воздух, подаваемый в озонатор, предварительно освобождается от влаги и пыли. Следы влаги, попадая в разрядное пространство озонатора, изменяют характер электрического разряда. Появляются искровые разряды, которые значительно снижают показатели работы озонатора – уменьшается выход озона и примерно в четыре раза возрастает расход электроэнергии (по сравнению с подачей сухого воздуха). Для улавливания пыли воздух пропускают через матерчатые фильтры специальных конструкций, а для удаления влаги устанавливают адсорберы, загружаемые силикагелем. В установке устанавливают два адсорбера, которые работают поочередно, причем во время работы одного другой регенерируется. В процессе сушки воздуха выделяется теплота. Чтобы в озонатор не попал слишком теплый воздух, его подвергают охлаждению. Это достигается в результате пропуска воздуха через теплообменник или в самом адсорбере путем подачи воды через змеевик, располагаемый непосредственно в силикагеле. При введении озона для обесцвечивания и обеззараживания воды его доза составляет 4 мг/л. Продолжительность контакта обеззараживания воды с озоном принимается равной 5–10 мин.

В УЗВ в настоящее время используют совершенные системы OXYPLUS, которые эффективно насыщают воду чистым кислородом при инкубации, подращивании мальков, критических ситуациях при заморе рыбы. Чистый кислород позволяет в разы повысить производи-

тельность, снизить расход воды, увеличить плотность посадки рыбы в установки, увеличить эффективность потребления корма и снизить риск гибели рыбы при высоких температурах и их заболеваемость (рис. 5.17).



Рис. 5.17. Озонатор воды ОЗОН-20 ТКД

По мере общего ухудшения качества природных вод все больше приходится заниматься удалением веществ, придающих воде привкусы и запахи, а также токсичных веществ. Как известно, мутность воды обусловлена содержанием нерастворенных, прежде всего грубодисперсных минеральных и органических примесей, а цветность – содержанием минеральных и органических соединений, в которых главную роль играют коллоиды органического происхождения, планктон и другие вещества. Появление в воде привкусов и запахов вызывают минеральные растворенные и коллоидные вещества (сероводород, хлор, железо), а также органические соединения. К ним относятся продукты биологических процессов, происходящих в самих водоемах, вещества, поступающие в водоемы в результате смыва почв и со сточными водами. В результате смыва с полей ядохимикатов и размыва промышленно загрязненных почв, а также со сточными водами в водоемы попадают токсичные вещества.

Выбор метода дезодорации зависит от происхождения запахов и привкусов. Если причиной являются минеральные растворенные и коллоидные вещества, проблема решается деминерализацией, обезжелезиванием, дегазацией воды. Вопрос удаления из воды растворенных органических веществ тесно связан с проблемой удаления из воды и токсичных веществ, находящихся в ней, как правило, в микроскопических концентрациях.

В настоящее время применяют в основном методы окисления и сорбции, причем хорошие результаты дает их комбинирование (окислительно-сорбционный метод). Окислители используются для обеззараживания от бактерий и вирусов. В связи с возросшим загрязнением водоемов органическими соединениями за счет сброса производственных сточных вод значение окислителей в практике очистки воды значительно возросло, поскольку оказалось, что многие химические вещества, присутствующие в воде, разрушаются в той или иной степени под действием окислителей. Образующиеся продукты трансформации могут значительно отличаться от исходных веществ-загрязнителей не только по своей химической структуре и физико-химическим свойствам, но и по своей биологической активности (в том числе токсичности). В практике очистки воды применяют следующие окислители: озон, перманганат калия, хлор. При их применении исчезают запахи привкусы, снижается или полностью исчезает цветность и окраска, но вместе с тем некоторые химические вещества (пиридин, бензол и его производные, кислоты, альдегиды) в обычных условиях не поддаются действию окислителей, даже такого наиболее сильного из них, как озон. Другие химические соединения окисляются не полностью, в результате чего могут образовываться продукты, придающие воде запах (поверхностно-активные и фосфорорганические вещества) или окраску (фенолы). В связи с этим применение окисления как самостоятельного метода для устранения органических загрязнений из воды может быть использовано только в том случае, если уровень загрязнения колеблется незначительно. Поэтому применение сорбентов для удаления из воды растворенных органических веществ и токсичных соединений является предпочтительным методом.

В качестве сорбента применяют активные угли, получаемые путем активации углеродосодержащих материалов (каменные угли, антрацит, торф, промышленные отходы). Активация заключается в термохимической обработке дробленого и отсортированного материала, в результате чего улетучивающиеся компоненты удаляются, материал уплотняется и приобретает микропористую структуру. Существует два способа сорбционной обработки – добавка активного угля в виде реагента (углевание воды) и фильтрование воды через слой гранулированного, зернистого сорбента в сорбционных фильтрах.

Активные угли применяются в виде порошка (углевание воды) или гранул в качестве загрузки фильтров. Углевание воды имеет ряд недостатков, поэтому его используют эпизодически, кратковременно и в

небольших дозах. Значительно более надежным является применение гранулированных активных углей, используемых в качестве фильтрующей загрузки. Для удаления запахов и привкусов часто применяют следующие угли: березовый (БАУ), торфяной (ТАУ) и косточковый (КАД, АГ-3).

Большинство веществ, вызывающих запахи и привкусы воды, в той или иной степени обладает летучестью. Поэтому снижению запаха и привкуса может способствовать и аэрация вместе с другими способами их устранения. Хороший эффект дезодорации воды достигается также и при использовании озона и марганцовокислого калия в сочетании с активным углем.

5.6.2. Ультрафиолетовое излучение

Обеззараживание воды бактерицидным излучением – это облучение прозрачных подземных вод ультрафиолетовыми лучами с длиной волны около 260 ммк, в результате чего находящиеся в воде бактерии погибают.

Ультрафиолетовая (УФ) установка (рис. 5.18) состоит из корпуса из нержавеющей стали и двух патрубков для выхода и входа воды.

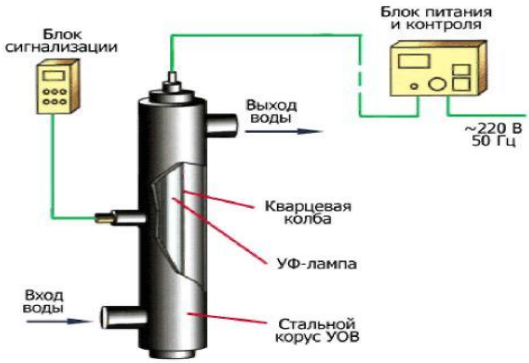


Рис. 5.18. Принципиальная схема ультрафиолетовой установки для обеззараживания воды

Внутри корпуса расположена кварцевая защитная колба, куда помещена ультрафиолетовая лампа (кварцевая ртутная или аргоно-

ртутная). Контроль за работой ультрафиолетовой лампы осуществляется с помощью УФ-датчика и блока сигнализации. Световая и звуковая сигнализация предупреждает о необходимости чистить кварцевую лампу от налета или о замене лампы. Принцип работы УФ-установок основан на жестком ультрафиолетовом излучении лампы, которое при попадании на микробные клетки разрушает белковые коллоиды и ферменты их протоплазмы. Преимущество обеззараживания воды бактерицидными лучами состоит в том, что сохраняются природные и вкусовые качества воды. К недостаткам относится невозможность обеззараживания цветных и недостаточно прозрачных вод, содержащих более 0,3 мг/л железа.

5.7. Оборудование для коррекции температуры

Температура – физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия системы и являющаяся одним из основных гидрохимических параметров воды. Она характеризуется рядом принципиальных особенностей, обусловивших необходимость применения разнообразных методов и технических средств ее измерения. Для измерения температуры были предложены различные температурные шкалы, но наибольшее распространение получила стоградусная температурная шкала Цельсия. Основной температурный интервал – точка плавления льда 0 ^{o}C и точка кипения воды 100 ^{o}C при нормальном атмосферном явлении. За рубежом наряду с условной температурной шкалой Цельсия используют также шкалу Фарингейта (F^{o}) и шкалу Реомюра (R^{o}):

$$1\ ^{o}C = 1{,}8\ F^{o} = 0{,}8\ R^{o}.$$

Существуют контактные и бесконтактные методы измерения температуры. Средство для контактного измерения температуры называется термометром. По принципу действия термометры разделяются на три группы: термометры расширения, сопротивления и термоэлектрические.

Действие термометров расширения основано на тепловом расширении (изменении объема) термометрического вещества (жидкостные, газовые) или линейных размеров твердых тел в зависимости от температуры.

Принцип действия термометра сопротивления основан на зависимости электрического сопротивления чувствительного элемента от температуры.

Термоэлектрические термометры (термопары) применяют для измерения очень высоких температур, и поэтому в системах аквакультуры они практически не используются.

Жидкостный стеклянный технический термометр (рис. 5.19, *а*) имеет заполненный жидкостью (обычно ртутью) резервуар *1*, тонкостенную капиллярную трубку *2*, пластину *3* с нанесенной шкалой, наружную стеклянную оболочку *4*. Такие термометры применяют для измерения температуры от –90 до +30 °С и выполняются прямоугольной формы или под углом 90 или 130°. Нижняя часть термометра имеет различную длину (от 66 до 200 мм). Для предохранения стеклянной оболочки от повреждения термометры помещают в защитные стальные оправы, которые, как термометры, по форме выполняются прямоугольные и угловые. Для измерения температуры применяют также электроконтактные ртутные термометры. Они изготавливаются с электроконтактами, которые запаены в капиллярную трубку термометра. Замыкание или размыкание электрической цепи происходит вследствие расширения или сжатия ртути при нагревании или охлаждении нижней части термометра.

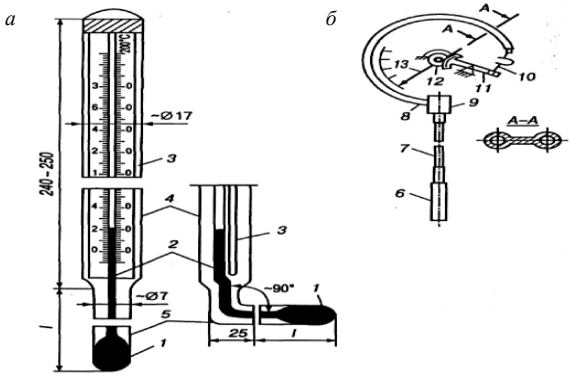


Рис. 5.19. Термометры расширения: *а* – технический жидкостный стеклянный; *б* – показывающий манометрический

Принцип действия манометрических термометров основан на изменении рабочего давления термического вещества в замкнутой герметичной термосистеме (рис. 5.19, *б*), которая состоит из термобаллона *6*, погружаемого в среду. Температура измеряется при помощи гиб-

кого соединительного капилляра *7* и манометрической трубчатой пружины *8*. Один конец пружины, впаянный в держатель *9*, канал которого соединяет внутреннюю полость пружины, герметизирован и через тягу *10*, зубчатый сектор *11* и шестерню *12* связан с показывающей стрелкой прибора *13*. Термосистема термометра заполнена рабочим веществом – газом, жидкостью или смесью жидкости с ее насыщенным паром.

При нагревании термобаллона увеличивается давление рабочего вещества в замкнутом объеме герметичной термосистемы, вследствие чего пружина *8* деформируется (раскручивается) и ее свободный конец перемещается. Движение свободного конца пружины передаточными механизмами *10, 11, 12* преобразуется в перемещение указателя относительно шкалы прибора, по которой производят отсчет температуры.

Для измерения температуры воды используют различные термометры:

- ручной термометр для измерения температуры (рис. 5.20);
- термометр с диапазоном измерений от –40 до +120 °С (цена деления по 0,1 °С, измерительный датчик из нержавеющей стали 30×2,5 мм, корпус 90×60×25 мм, поставка в комплекте с измерительным зондом) (рис. 5.21);
- поплавковый термометр (измеряет температуру на глубине 30 см, считывание сверху, цвет синий) (рис. 5.22).



Рис. 5.20. Ручной термометр



Рис. 5.21. Ручной термометр для измерения температуры ad 15 th



Рис. 5.22. Поплавковый термометр

Для измерения температуры используются стандартные и прецизионные термометры с диапазоном измерений от –0 °С до +50 °С с ценой делений 1 °С.

Средство измерения, с помощью которого измерительная информация выдается в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем, называется измерительным прибором. В показывающих приборах измерительная информация воспроизводится положением стрелки или какого-либо другого указателя относительно отметок шкалы прибора. Шкала представляет собой совокупность отметок, расположенных вдоль какой-либо линии, и представленных около них чисел отсчета, соответствующих ряду последовательных значений измеряемой величины. Для каждого измерительного прибора устанавливается диапазон показаний – область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным ее значением.

Любые теплотехнические измерения относительны, поскольку всегда существует положительная и отрицательная разность между численным значением измеряемой величины и ее истинным значением, называемая погрешностью.

Погрешность – это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Погрешности измерения в зависимости от происхождения разделяются на три группы: систематические, случайные и субъективные.

Систематические погрешности имеют постоянный характер и по причинам возникновения делятся на инструментальные; от неправильных средств измерений; вследствие внешних влияний.

Инструментальные погрешности являются следствием конструктивных и технологических погрешностей, а также износа средств измерений.

Конструктивные погрешности вызваны несовершенством конструкции или неправильной технологией изготовления средств измерений. Некачественная сборка прибора влияет на технологическую погрешность. Длительная и неправильная эксплуатация прибора приводит к погрешностям износа и старения.

Погрешности от неправильной установки могут быть вызваны отклонением от нормального рабочего положения.

Субъективные погрешности (промахи) – это погрешности, вызванные ошибками лица, производящего измерения (неправильный отсчет по шкале прибора).

Погрешности измерений устанавливаются при поверке – определении метрологическим органом погрешностей средств измерений и установления пригодности их к применению. В зависимости от основной погрешности средствам измерений присваивают соответствующие классы точности.

6. СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ И НАСЫЩЕНИЯ ВОДЫ КИСЛОРОДОМ

6.1. Газообмен

Газообмен означает проникновение газов из воздушной среды в водную среду и наоборот. Поступление кислорода из атмосферы в воду зависит от газообмена между поверхностью воды и атмосферным воздухом.

Переход кислорода в воду можно рассматривать как трехэтапный процесс: переход газообразного кислорода на границу раздела сред газ – жидкость, переход через границу раздела сред и переход кислорода с поверхности раздела в жидкость. На первом этапе газообмен (рис. 6.1) происходит за счет процессов диффузии и конвекции и осуществляется очень быстро.

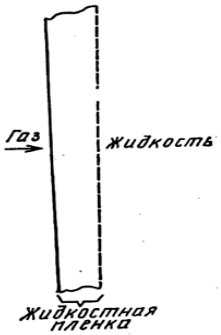


Рис. 6.1. Переход кислорода
из газообразного состояния в жидкость

На втором этапе переход кислорода через пограничный слой часто относят к процессам, происходящим в очень тонкой пленке воды. Однако этот процесс чисто диффузионный. Диффузия кислорода в воде происходит сравнительно медленно. Ламинарное течение способствует образованию пленки значительной толщины, но диффузия через поверхностную пленку происходит также медленно.

Третий этап – это перенос кислорода в жидкость, и поскольку диффузия кислорода в воде происходит медленно, то этот процесс осуществляется главным образом за счет конвекции.

Переход кислорода в воду зависит от площади поверхности, а также от градиента концентрации кислорода, коэффициента жидкостной пленки и турбулентности. Чем больше площадь поверхности жидкости, тем быстрее происходит перенос кислорода.

Температура воды, соленость, степень насыщения – все эти факторы влияют на градиент концентрации, который является движущей силой процесса переноса кислорода. Градиент концентрации кислорода контролирует скорость перехода кислорода в воду. Концентрация кислорода при насыщении им воды зависит от парциального давления кислорода в окружающей среде, температуры и солености. Увеличение концентрации кислорода в газовой фазе, например, путем использования чистого кислорода вместо воздуха или увеличения атмосферного давления ведет к увеличению градиента концентрации кислорода, а повышение температуры воды или солености снижает градиент концентрации кислорода.

Турбулентность или перемешивание воды увеличивает скорость перехода кислорода по двум причинам. Во-первых, турбулентность уменьшает толщину поверхностной пленки и тем самым увеличивает скорость перехода кислорода. Во-вторых, при турбулентности новые частицы жидкости выходят на поверхность и соприкасаются с атмосферой. Это ведет к замене диффузии (медленного процесса) конвекцией (быстрым процессом), а также увеличению площади контакта кислорода с жидкостью. Площадь эффективного переноса кислорода в воду можно увеличить, распыляя воду по поверхности водоема с помощью аэраторов или перемешивая воду, в результате чего нижние слои поднимаются на поверхность.

Концентрация кислорода в любой системе для культивирования гидробионтов зависит от скорости поступления и потребления кислорода. Основное количество кислорода в воде расходуется на биологические нужды всех гидробионтов, находящихся в воде.

6.2. Значение кислорода в жизни водных организмов

Наибольшее значение для водных организмов имеют кислород, углекислый газ и сероводород. Наличие в воде растворенного кислорода является обязательным условием для существования большинства организмов, населяющих водоемы. Кислородный режим водотоков и водоемов является производной множества факторов, из которых фотосинтетическая деятельность растений и естественная аэрация воды ведут к увеличению содержания растворенного кислорода в воде.

Свыше двух третьих кислорода поступает в водотоки и водоемы за счет процессов фотосинтеза в светлое время суток. Фотосинтетическая деятельность обычно сосредоточена в верхних слоях воды, а усиленное потребление кислорода донными отложениями в стоячих водоемах приводит к дефициту кислорода и заморам.

Содержание кислорода в воде зависит от соотношения двух противоположно протекающих процессов: первого – обогащающего воду кислородом, второго – уменьшающего его содержание в воде.

Обогащение воды молекулярным кислородом осуществляется за счет выделения его водной растительностью в процессе фотосинтеза, а также при поступлении из атмосферы. Обогащение кислородом атмосферы верхних слоев воды происходит при условии, что в воде его содержание меньше, чем при нормальном насыщении (при соответствующей температуре и давлении атмосферного воздуха). Скорость распространения газов в воде значительно меньше, чем в воздухе, поэтому в стоячих водоемах этот процесс идет крайне медленно. При сильном течении, ветре, разбрызгивании процесс насыщения воды кислородом заметно ускоряется.

Мощным источником обогащения воды молекулярным кислородом является фотосинтез водных растений, интенсивность которого зависит от температуры и освещения. Фотосинтез происходит главным образом в поверхностных слоях воды, хорошо освещенных и прогретых.

Одновременно с обогащением воды кислородом идут процессы, уменьшающие его содержание в водоеме. Так, почти все биохимические реакции, протекающие в воде, связаны с потреблением кислорода. К ним относятся бактериальное окисление органических веществ и неорганических соединений, дыхание животных и растительных организмов. Рыбы не могут существовать без поступления в организм кислорода, обеспечивающего током крови обмен веществ и саму жизнь. Подавляющее число видов рыб не способно усваивать кислород из воздуха, а может дышать только растворенным в воде кислородом. Количество потребляемого рыбами кислорода зависит как от вида рыбы, так и от ее возраста. У рыб отмечается четкая видовая специфичность как в отношении минимального количества кислорода, растворенного в воде, при котором может жить рыба, так и в отношении интенсивности потребления кислорода в процессе дыхания. При увеличении температуры воды пороговое напряжение кислорода возрастает.

Влияние кислородных условий на эмбриогенез животных связано в первую очередь с изменением скорости развития и роста.

Так, с увеличением содержания кислорода в определенном для каждого вида диапазоне концентраций происходит ускорение эмбриогенеза. Дальнейшее увеличение содержания кислорода приводит к замедлению развития зародышей и углублению образующихся аномалий. Известно, что избыточная концентрация кислорода может быть даже летальной. При недостаточном содержании кислорода в воде снижается устойчивость рыб к неблагоприятным факторам внешней среды, в том числе к промышленным и бытовым загрязнениям. Низкое содержание кислорода обусловливает неблагоприятные зоогигиенические условия в водоеме, в результате чего создаются предпосылки к накоплению органических веществ и размножению сапрофитной микрофлоры, которая может отрицательно воздействовать на рыб.

Длительное пребывание в воде с недостаточным содержанием кислорода понижает активность рыб, резко снижает устойчивость к возбудителям болезней.

6.3. Расчет потребности в кислороде в зависимости от интенсивности кормления, температуры воды, плотности посадки рыбы и других факторов для различных гидробионтов

Вода поверхностных источников всегда в той или иной мере насыщена кислородом, содержание которого зависит от температуры (табл. 6.1).

Таблица 6.1. **Содержание кислорода в пресной воде при нормальном атмосферном давлении в зависимости от температуры воды**

Температура воды, °С	Содержание растворенного в воде кислорода, мг/л	Температура воды, °С	Содержание растворенного в воде кислорода, мг/л
1	14,24	14	10,39
2	13,85	15	10,18
3	13,49	16	9,97
4	13,14	17	9,76
5	12,81	18	9,56
6	12,48	19	9,37
7	12,18	20	9,19
8	11,89	21	9,02
9	11,62	22	8,85
10	11,35	23	8,68
11	11,10	24	8,52
12	10,86	25	8,37
13	10,62		

Существует четко выраженная зависимость между концентрацией растворенного кислорода и белковым, жировым и углеводным обменом у рыб. Среди культивируемых рыб лососевые являются наиболее, а карповые наименее оксифильными. Пороговая концентрация кислорода с возрастом рыб понижается. Свободные эмбрионы радужной форели погибают при содержании кислорода 2,2–2,7 мг/л, годовики – 2,0–2,4 мг/л, двухлетки – 1,5–2,0 мг/л, тогда как соответствующие возрастные группы карпа погибают лишь примерно при вдвое более низком содержании кислорода. Осетровые рыбы занимают промежуточное положение. Принято считать, что оптимальный уровень кислорода для рыб соответствует нормальному насыщению воды кислородом при оптимальной температуре. Следовательно, для лососевых рыб оптимальный уровень кислорода для питания и роста (при температуре 16–19 °С) составляет 9,4–10 мг/л, осетровых рыб (при температуре 20–26 °С) – 8,3–9,2 мг/л, а карповых (при температуре 25–30 °С) – 7,1–8,4 мг/л.

В процессе пищеварения (переваривание, всасывание и трансформация) кислород, растворенный в воде, действует как лимитирующий фактор, резко тормозящий рост и уменьшающий эффективность конвертирования пищи, когда его концентрация становится ниже критического уровня. При уменьшении содержания кислорода до 45–50 % насыщения у молоди карпа потребление пищи снижается почти в два раза, а ее усвояемость уменьшается на 40–50 %, что приводит к снижению более чем в два раза скорости роста. У радужной форели снижение уровня кислорода за пределы 7 мг/л вызывает также соответствующее снижение интенсивности питания, обмена и роста. Между нормальным насыщением воды кислородом и уровнем, при котором обмен замедляется, находится зона кислородной адаптации рыб. За пределами этой зоны интенсивность потребления кислорода резко снижается. Критические концентрации кислорода в воде для разных видов и возрастных групп рыб различны.

При создании необходимой (по возможности максимальной) плотности посадки рыбы в условиях индустриального рыбоводства необходимо предусматривать условия, при которых рыба будет достаточно обеспечена кислородом, потому что потребление рыбой кислорода прямо пропорционально температуре воды и обратно пропорционально массе рыбы. Эта зависимость описывается следующим уравнением:

$$Q = a \cdot W^k, \qquad (6.1)$$

где Q – потребность в кислороде, (мг/(кг · ч);

a – коэффициент, учитывающий потребление кислорода рыбой массой 1 г;

W – масса рыбы, кг;

k – коэффициент, учитывающий потребление кислорода рыбой разного размера.

По мере увеличения массы рыбы относительное потребление кислорода снижается, поэтому коэффициент k всегда меньше единицы.

Рыба потребляет кислород, необходимый не только для дыхания, но и для окисления органических веществ, которые накапливаются при выращивании рыб в основном за счет экскрементов и потерь корма. Кроме того, присутствие углекислоты затрудняет использование кислорода из-за снижения pH.

При создании оптимальных условий содержания рыбы в рыбоводных емкостях следует учитывать концентрацию кислорода в воде и интенсивность его потребления, различая при этом следующие понятия:

1) количество растворенного кислорода в воде (мг/л), т. е. то количество, которое может быть использовано рыбой в процессе жизнедеятельности;

2) специфическое потребление кислорода рыбой (мг/(кг · ч), т. е. то потребление кислорода, которое необходимо для роста и развития.

Потребление кислорода резко возрастает у питающейся рыбы в результате усиления обмена, окисления съеденного корма и выделения продуктов обмена. Возможное количество корма (кг/сут), которое может быть использовано рыбой при конкретном количестве кислорода, можно определить по следующей зависимости:

$$X = (К^{Н} – К^{К}) \cdot 1{,}44n / 220, \qquad (6.2)$$

где $К^{Н}$ – начальное содержание кислорода в поступающей воде, мг/л;

$К^{К}$ – конечное минимальное содержание кислорода в воде, которая вытекает, 5 мг/л;

n – количество воды, подаваемой в данную рыбоводную емкость, л/мин;

1,44 – количество воды в сутки при интенсивности подачи 1 л/мин, т;

220 – необходимое количество кислорода для усвоения рыбой 1 кг гранулированного корма.

Зависимости (6.1) и (6.2) являются эмпирическими и фактически учитывают зависимость потребления кислорода от температуры воды,

размеры рыбы и качества корма, а также влияние продуктов обмена на способность рыбы использовать кислород в конкретных условиях кормления.

6.4. Аэрация прудов

Большим своеобразием отличается гидрохимический режим рыбоводных прудов. В результате поступления в воду легкоразлагающегося органического материала увеличивается окисляемость, повышается водородный показатель (pH), отмечается увеличение суточных колебаний содержания кислорода. Поэтому при интенсификации рыбоводства необходимо своевременно принимать меры по обеспечению условий для нормальной жизнедеятельности водных организмов. Наличие в воде растворенного кислорода является обязательным условием для существования большинства организмов, населяющих водоемы. При недостатке (мене 2 мг/л) в воде кислорода многие рыбы начинают задыхаться. При длительном низком уровне содержания кислорода могут произойти заморы. Заморные явления наблюдаются как летом, так и зимой. В летние месяцы (июль-август) при выращивании рыб с высокими плотностями посадки и дополнительным кормлением возрастает процесс окисления органических веществ с изъятием из воды растворенного кислорода и накапливанием углекислоты (диоксида углерода) и других вредных газов. Этот процесс происходит наиболее интенсивно в безветренную погоду при высоких температурах воды. Однако заморы могут быть и в зимний период с наступлением ледостава и при глубоком промерзании воды.

При достаточном количестве в воде биогенных веществ летом в водоемах происходит сильная вспышка развития фитопланктона, что может в утренние часы вызвать уменьшение содержания кислорода до 0,5 мг/л и соответственно замор некоторых рыб, требовательных к кислороду.

Предвидеть предзаморное явление можно двумя способами. Первый осуществляется за счет ежедневного контроля газового состава воды, а второй при помощи визуального наблюдения за поведением рыб в водоемах.

Наиболее быстрым и эффективным средством ликвидации замора является аэрация воды. Известны технический, биологический и реже химический способы аэрации воды.

Аэрация воды проводится разнообразными аэрационными установками, которые построены по принципу создания условий для большего

контакта воды с воздухом. Это распыление воды в воздухе, распыление воздуха в воде за счет компрессоров или струйной вентиляции.

К простым аэраторам, приходящим в действие током воды, относят разбрызгивающие устройства (вертушки, лесенки, каскады, столики-аэраторы, барабаны, дождевальные установки).

Техническая аэрация является наиболее быстрым и эффективным способом насыщения воды кислородом.

В рыбоводных прудах, работающих по интенсивной технологии из-за высокого уровня первичной продукции, наблюдается сильное колебание кислородного режима. Дефицит кислорода усиливается в июле-августе при интенсивном кормлении рыбы и цветении воды. При таких условиях аэрация осуществляется ночью в прудах с рыбопродуктивностью 30–50 ц/га, а в прудах с рыбопродуктивностью более 50 ц/га в утренние часы и ночью.

Биологическая аэрация обусловлена развитием первичных продуцентов, прежде всего фитопланктона. Наибольшая концентрация растворенного кислорода наблюдается днем в прудах с сильным развитием водорослей. Ночью, когда фотосинтетическая деятельность водорослей прекращается, происходит уменьшение содержания кислорода. Сильное развитие в пруду синезеленых водорослей, сопровождающееся цветением, может за ночь полностью истощить запасы кислорода в воде, поэтому в прудах предпочтительнее выращивать однолетние зеленые водоросли. При интенсивном их развитии концентрация кислорода достигает 300 % насыщения. Регулируя их уровень развития за счет поддержания оптимальной концентрации биогенных веществ (NPK) и выращивания в прудах белого толстолобика, можно поддерживать достаточно высокий уровень в воде растворенного кислорода.

Химическую аэрацию используют для экстренного повышения концентрации кислорода в воде. В воду вносят определенные химические реагенты, которые, взаимодействуя с водой, выделяют кислород. Такими реагентами являются перекись (пероксид) водорода, перекись кальция, марганцовокислый (перманганат) калий и марганцовокислый натрий, надсернокислый аммоний и др. При внесении в воду 4,5 кг перекиси кальция выделяется 2 кг кислорода.

6.5. Оборудование для снабжения кислородом и воздухом

Наиболее эффективным методом насыщения воды кислородом является распыление в воде жидкого кислорода. Чаще всего жидкий кис-

лород используется для оксигенации воды в рыбоводных установках с замкнутым циклом водоснабжения и бассейновых хозяйствах. Величина насыщения определяется давлением в оксигенаторе и температурой воды.

Аэраторы используют подводимую энергию для увеличения площади поверхности, через которую переходит кислород, и для перемешивания жидкости. При этом вода с низким содержанием кислорода вступает в контакт с воздухом или газообразным кислородом. При перемешивании увеличивается площадь поверхности, а также градиент концентрации кислорода, по которому происходит перенос кислорода.

6.5.1. Оксигенаторы

Оксигенатор предназначен для насыщения воды техническим кислородом. Величина насыщения определяется давлением в оксигенаторе и температурой воды.

Оксигенатор (рис. 6.2) представляет собой вертикальную сварную герметическую емкость (баллон). Он состоит из следующих частей: корпуса *1*; патрубка для подвода воды *2*; опоры *3*; вентиля для слива грязи *4*; патрубка для отвода насыщенной кислородом воды *5*; соленоидного клапана на подаче кислорода *6*; вентиля на вводе кислорода в оксигенатор *7*; датчика регулятора уровня *8*; блока управления регулятором уровня *9*; манометра *10*; вентиля для выпуска газа *11*. В нижней части оксигенатора приварены фланцы для присоединения трубопроводов подвода воды *2* и отвода воды *5*, а также установки крана слива грязи *4*. Датчик регулятора уровня крепится к патрубкам с фланцами с левой стороны корпуса. Входы в датчик уровня от попадания мусора защищены сетчатыми фильтрами, которые установлены между фланцами. В верхней части корпуса на отдельном патрубке *10* установлен манометр, а в средней части оксигенатора на площадке, приваренной к корпусу, установлен электронный блок управления регулятором уровня.

Работает оксигенатор следующим образом. В верхней части оксигенатора создается газовая подушка, образующаяся под действием избыточного давления кислорода, поступающего внутрь. Уровень раздела воды и газа регулируется автоматически. Попадая в верхнюю часть оксигенатора, вода распыляется в среде газовой подушки с высоким парциальным давлением кислорода, в результате чего происходит ее насыщение до заданного уровня.

Поглощение газообразного кислорода водой ведет к повышению его уровня в оксигенаторе до срабатывания электронного реле.

После срабатывания реле открывается соленоидный клапан, и уровень воды понижается до отметки, на которой электронное реле отключает соленоидный клапан. Одновременно с процессом поглощения кислорода водой идет процесс выделения из воды азота и других газов, парциальное давление которых в газовой подушке ниже, чем в воде. Удаление азота с частью кислорода и других газов осуществляется через вентиль *11*. Для этого открывают вентиль, дожидаются срабатывания реле на открытие соленоидного клапана, после чего закрывают вентиль. Эту операцию продувки выполняют 3–4 раза в сутки.

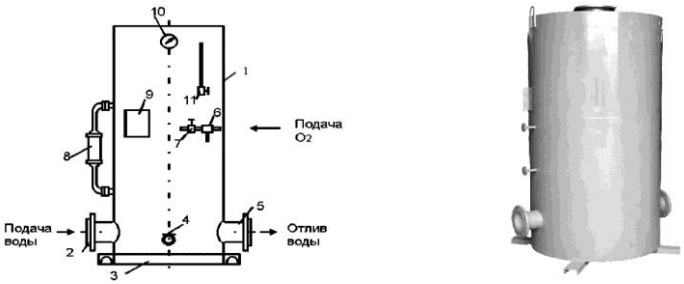


Рис. 6.2. Оксигенатор:
1 – корпус; *2* – патрубок для подвода воды; *3* – опора; *4* – вентиль для слива грязи; *5* – патрубок для отвода насыщенной кислородом воды; *6* – соленоидный клапан на подаче кислорода; *7* – вентиль на вводе кислорода в оксигенатор; *8* – датчик регулятора уровня; *9* – блок управления регулятором уровня; *10* – манометр; *11* – вентиль для выпуска газа

Если эту операцию продувки не выполнять, то наблюдается снижение парциального давления в газовой подушке оксигенатора, что приводит к снижению концентрации кислорода на его выходе. Очистка оксигенатора от грязи производится через вентиль *4*.

Возможны два варианта подачи оксигенированной воды в бассейны. В первом варианте вся вода, поступающая в бассейн, пропускается через оксигенатор. При этом содержание кислорода в воде на выходе из оксигенатора должно быть оптимальным. Во втором варианте через оксигенатор пропускается часть воды. Она становится пресыщенной кислородом, и ее смешивают с другой водой в резервуаре до тех пор, пока содержание растворенного кислорода в смеси не будет оптимальным, и только тогда подают в бассейны с рыбой.

Кислородная установка «Провита» (рис. 6.3) состоит из генератора кислорода *2*. Генератору кислорода для работы необходим сжатый атмосферный воздух при давлении не менее 6 атмосфер. В состав установки входит также воздушный компрессор *1* и ресивер *3*, который служит для накопления продукционного газа, обогащенного кислородом (до 95,5 %).

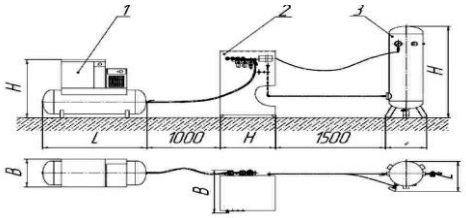


Рис. 6.3. Кислородная установка «Провита»:
1 – воздушный компрессор; *2* – генератор кислорода; *3* – ресивер

Кислородный конус (рис. 6.4) состоит из конусовидного цилиндра или серии труб с постепенно увеличивающимся диаметром.



Рис. 6.4. Кислородный конус

Вода и кислород входят в верхнюю часть конуса, направляются вниз к выходному патрубку. С возрастанием диаметра конуса по ходу вниз скорость воды снижается, вплоть до момента, когда она становится равна скорости всплытия пузырьков кислорода. Таким образом пузырьки находятся во взвешенном состоянии и постепенно растворяются в воде. Эффективность данного процесса определяется скоростью поступления воды и кислорода, концентрацией вводимого кисло-

рода, геометрией конуса и создаваемым давлением. Эффективность абсорбции варьирует от 95 до 100 % с концентрацией на выходе 30–90 мг/л. Для контроля за O_2 и CO_2 необходимо удалять углекислый газ из воды после достижения им максимального уровня перед сверхнасыщением воды кислородом. Состояние сверхнасыщения растворенного кислорода достигается непосредственно перед поступлением воды в емкость культивирования, но при этом вода должна быть изолирована от атмосферного воздуха.

Установка замкнутого водоснабжения (УЗВ) представляет собой каркасный бассейн, где в условиях замкнутого цикла обмена воды выращивается рыба. Из-за большой плотности популяции рыбы вода в УЗВ нуждается в обогащении кислородом (рис. 6.5, 6.6). Также кислород требуется при транспортировке живой рыбы в резервуарах, особенно летом.



Рис. 6.5. Производство кислорода для разведения рыб

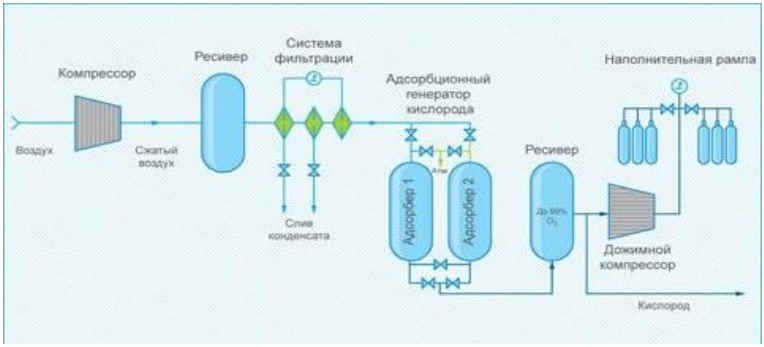


Рис. 6.6. Схема работы оборудования для производства кислорода для разведения рыб

Оптимальная концентрация кислорода для рыбы зависит от ее вида и стадии развития: икра, личинки, молодь, товарная рыба. Также концентрация кислорода является важной информацией при перевозке рыбы. Применение кислородного оборудования от компании «Грасис» позволяет добиться повышения привеса рыбы в 1,4−1,6 раза, а также способствует снижению кормового коэффициента в 1,3−1,5 раз.

6.5.2. Аэраторы

Существует четыре типа аэраторов: гравитационные, поверхностные, распылительные и турбинные.

Гравитационные аэраторы. В гравитационных аэраторах используется энергия, высвобождающаяся при падении воды с высоты для увеличения поверхности контакта воды с воздухом, что приводит к увеличению в ней содержания кислорода. Наиболее распространенным природным аэратором являются пороги, при прохождении через которые возникает механическое перемешивание быстротекущей воды и увеличивается ее турбулентность в результате наталкивания на препятствия. Поскольку на этих препятствиях возникает очень сильная турбулентность, то и скорость перехода кислорода в воду высока.

В форелеводных хозяйствах для обеспечения работы инкубационных и мальковых цехов используют преимущественно подземные источники (ключи, родники, артезианские скважины), которые бедны кислородом, а иногда используются поверхностные источники (реки, озера) с большим содержанием взвесей и сезонными и суточными колебаниями температуры и кислорода.

Подача воды в условиях прямоточного водоснабжения прудов осуществляется через канал, который можно разделить на секции. Уровень воды в каждой секции регулируют водосливные пороги, установленные на выходе из каждой секции. При падении воды через сливной порог в каждой секции происходит аэрация воды.

Для аэрации воды в канале можно использовать следующие устройства: водослив со столиком для разбрызгивания воды (рис. 6.7), водослив с лопастным колесом (рис. 6.8), водослив с вращающейся щеткой (рис. 6.9), наклонную рифленую плоскость без отверстий (рис. 6.10), наклонную рифленую плоскость с отверстиями (рис. 6.11), решетчатый аэратор (рис. 6.12).

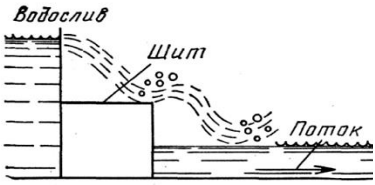


Рис. 6.7. Водослив со столиком для разбрызгивания воды

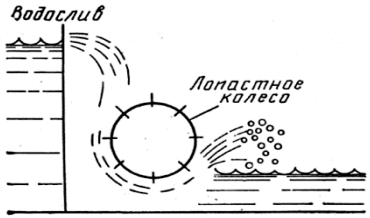


Рис. 6.8. Водослив с лопастным колесом

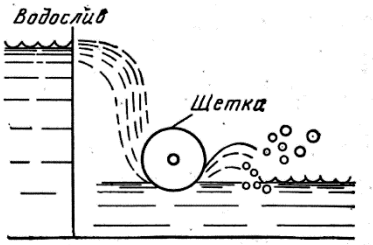


Рис. 6.9. Водослив с вращающейся щеткой

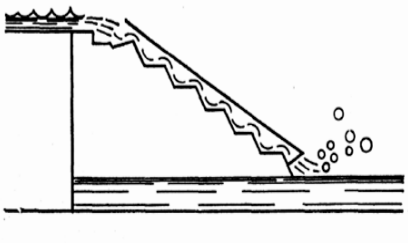


Рис. 6.10. Наклонная рифленая плоскость без отверстий

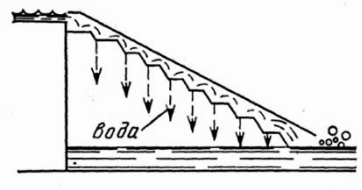


Рис. 6.11. Наклонная рифленая плоскость с отверстиями

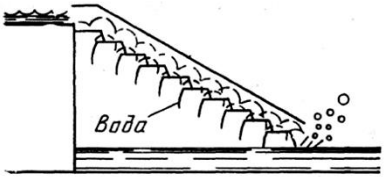


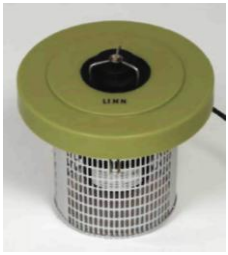
Рис. 6.12. Решетчатый аэратор

При использовании подземных вод или воды из артезианских скважин обычно возникает необходимость очищать ее от оксидов железа. Это достигается путем пропускания воды через пруды-аэраторы или бассейны-аэраторы.

Аэраторы поверхностные предназначены для перемешивания и приведения в движение поверхностного слоя воды, в результате чего переход кислорода из воздуха в воду интенсифицируется. Простейшим поверхностным аэратором является фонтан. Если вода подается с вы-

сокой скоростью через насадку и затем ударяется о водную поверхность, такой вид аэрации называется дождеванием.

Поверхностные аэраторы моделей AQUA-Mini и AQUA-Maxi (рис. 6.13) обогащают воду кислородом и удаляют вредные газы (двуокись углерода). Волны, образующиеся при работе аэраторов, препятствуют росту микроводорослей в водоеме, предотвращают образование застойных зон и дефицит кислорода в них. Благодаря применению поверхностных аэраторов улучшаются качество воды и эпизоотическое состояние водоема и рыб.



AQUA-Mini



AQUA-Maxi

Рис. 6.13. Поверхностные аэраторы

Аэраторы распылительные (распылители) подают воздух или кислород в воду в виде пузырьков, а затем кислород переходит из пузырьков в воду диффузией через жидкостную пленку. Поскольку пузырьки воздуха поднимаются в столбе воды, между водой и пузырьками существует движение. Это вызывает циркуляцию воды и увеличение поверхности, вступающей в контакт с пузырьками, что интенсифицирует насыщение воды кислородом.

Существует несколько типов распылителей. На рис. 6.14 показано устройство, в котором воздух поступает в воду через распылитель. Распылитель образует мелкие, сравнительно одинаковые пузырьки с большой поверхностью контакта. Это усиливает суммарный переход кислорода.

Воздушные мембранные компрессоры используют для аэрации воды в рыбоводных бассейнах, транспортных контейнерах, аквариумах и др. Они устанавливаются рядом с бассейном или контейнером. Воздух через шланг поступает к диффузору (распылителю), который представляет собой специально перфорированный лазером резиновый шланг, находящийся в воде. Диффузор, расположенный на дне бассей-

на или контейнера, обеспечивает равномерное распыление кислорода в виде пузырьков по всей толще воды (рис. 6.15).

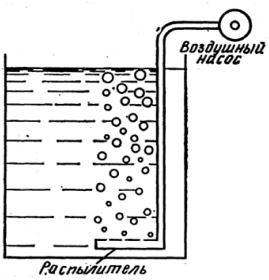


Рис. 6.14. Простой аэратор с распылителем

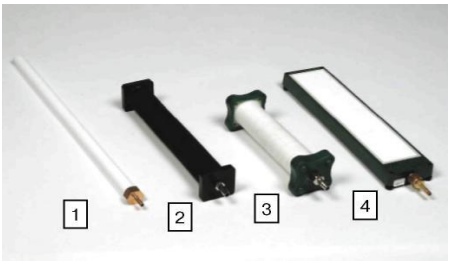


Рис. 6.15. Диффузоры:
1 – воздушный диффузор для компрессоров на 12 В;
2 – воздушный диффузор для компрессоров на 230 В; *3* – кислородный диффузор нейлоновый;
4 – кислородный диффузор

Аэраторы турбинные (рис. 6.16) используются для аэрации воды в рыбоводных прудах. Насыщение воды кислородом с помощью турбинного аэратора зависит от частоты его вращения, свойств жидкости и дефицита кислорода в ней. При увеличении частоты вращения винта возрастает скорость насыщения воды кислородом.

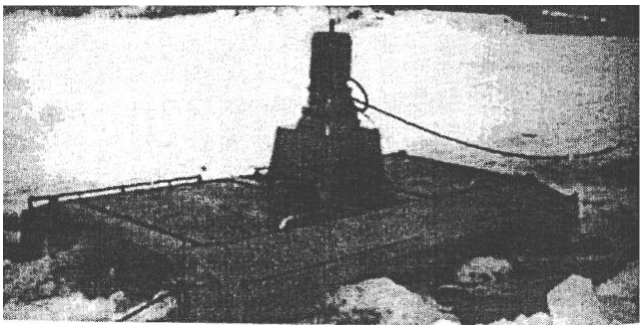


Рис. 6.16. Турбоаэратор Н19-ИАК

Аэратор «Винт» Н17-ИФЕ (рис. 6.17) представляет собой полый, закрепленный на участке водоема с помощью якорного устройства

гребной винт с потокообразователем и электродвигателем, установленным на понтонах. Вращением винта воздух подается в воду. Образуемая воздушная смесь распространяется потокообразователем в выбранном направлении водоема.



Рис. 6.17. Аэратор «Винт» Н17-ИФЕ

Действие поверхностного аэратора основано на эффектах, происходящих при взаимодействии соосных закрученных потоков воды, вращающихся в противоположных направлениях. Образование зоны разрежения в центральной части каждого потока обеспечивает поступление в нее воздуха из атмосферы. Аэраторы данного типа имеют КПД до 60 %.

Турбо-эжекторный аэратор (рис. 6.18) оснащен электродвигателем надводного исполнения, а также мотором с крыльчаткой.



Рис. 6.18. Турбо-эжекторный аэратор

За счет высокоскоростного потока возникает низкое давление (вакуум), которое позволяет всасывать и замешивать воздух в струю воды через специальное отверстие под электродвигателем. Непрерывно создаваемый мелкопузырчатый вихрь долго вращается в струе воды, насыщая воду кислородом.

Образованная водно-пузырьковая струя направляется под нужным углом под поверхность воды и препятствует образованию застойных зон. Угол наклона потока регулируется от 20 до 45 градусов. Насыщенная кислородом вода распределяется по всему водоему, что создает благоприятные условия для рыб и других водных организмов.

7. УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗДАЧИ КОРМОВ

7.1. Типы кормушек и кормораздатчиков

В основе современного товарного рыбоводства лежит рациональное кормление рыбы. Роль кормления неуклонно возрастает по мере повышения уровня интенсификации рыбоводных процессов. За счет кормов и кормления с соблюдением норм кормления получают от 70 % продукции в прудовых хозяйствах и до 100 % продукции в индустриальных хозяйствах. Существует два метода кормления рыб: ручное и автоматическое.

Автоматическое кормление осуществляют для исключения риска перекармливания рыбы и перерасхода корма, а также для кормления в нерабочие часы. Средства механизации для раздачи кормов подразделяют на передвижные и стационарные.

Передвижные средства механизации применяют в прудовых рыбоводных хозяйствах на больших водных площадях. Передвижные средства механизации представлены самоходными плавучими и самоходными передвигающимися по дамбе и выбрасывающими порциями корм кормораздатчиками.

Плавучие кормораздатчики выпускаются грузоподъемностью от 1 до 4 т. Для раздачи кормов на прудах площадью до 35 га наиболее эффективными является кормораздатчик КРЗ-1; площадью до 70 га – кормораздатчики СКР-1,5, КРБ-2 (рис. 7.1 и 7.2) и ИКП-1,6; для площадей более 70 га применяют кормораздатчики СКР-3, ИКП-3,0А КР-4М и др. Кормораздатчики СКР-1,5, СКР-3,0А, ИКП-1,6 и ИКП-3,0А предназначены для раздачи сыпучих и гранулированных кормов по кормовым дорожкам и отличаются друг от друга грузоподъ-

емностью и производительностью (Россия, Ставропольский опытно-механический завод).

Лучшими характеристиками производительности и грузоподъемности отличается кормораздатчик КР-4М (производство «Техрыбвод», Украина) с вместимостью бункера 5,7 м^3, скоростью хода 7,2 км/ч и грузоподъемностью 4 т. Передвижение кормораздатчика обеспечивается двигателем мощностью 24 л. с., а раздача корма происходит за счет гравитационной силы по обеим сторонам кормораздатчика при обслуживании прудов площадью более 100 га.

К самоходным кормораздатчикам, выдающим комбикорм с берега (дамбы), относятся кормораздатчики ПД-0,6, КН-800 и др.

Кормораздатчик ПД-0,6 (рис. 7.3) используют для раздачи гранулированного корма в пруды с дамбы непрерывно по кормовым «дорожкам» или с остановкой по кормовым местам. Его грузоподъемность составляет 600 кг, дальность выброса корма – до 12 м при разбросе не более 1 м в диаметре. Выброс корма осуществляется за счет воздушного потока, создаваемого вентилятором.

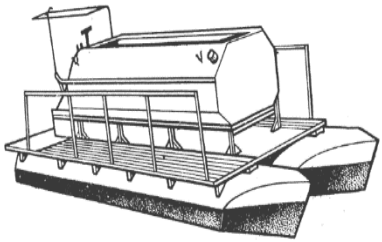


Рис. 7.1. Кормораздатчик СКР-1,5

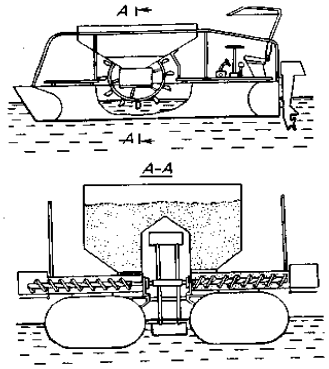


Рис. 7.2. Кормораздатчик КРБ-2

Транспортное средство для разбрасывания кормов (Германия) с дизельным приводом имеет бункер, поделенный на секции для заполнения различными сортами корма. Разбрасывание корма осуществляется посредством воздуходувки с обеих сторон на расстоянии до 15 м (рис. 7.4).

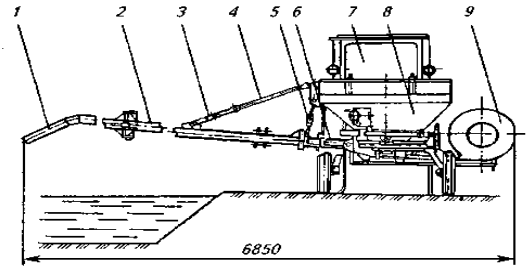


Рис. 7.3. Кормораздатчик ПД-0,6:
1 – сменная насадка; *2* – кормовыбрасывающий трубопровод;
3, *5* – талреп; *4* – растяжка; *6* – привод; 7 – самоходное шасси
ПД-0,6; 8 – бункер; *9* – вентилятор



Рис. 7.4. Транспортное средство для разбрасывания кормов (Германия)

На прудах с небольшой водной площадью с проезжей частью на дамбах используют кормораздатчики с меньшей вместимостью и производительностью, в которых корм из бункера с помощью пневмотранспортной установки через трубопровод подается в пруд.

При выращивании рыбы в бассейнах и садках используют **стационарные кормораздатчики**. Стационарные кормораздатчики подразделяются на автоматические и самокормушки.

При использовании самокормушек (автокормушек) рыба может потреблять корм в любое время суток в соответствии с ее физиологической потребностью. Такой вид кормораздатчиков используется как на прудах, так и на садковых линиях.

Применение высококачественных кормов в рыбоводных хозяйствах требует постоянного совершенствования технологии внесения корма. Эффективный рост рыбы становится возможным при оптимальном

расходе корма с точной дозировкой и кратностью кормления. При ручном кормлении этого трудно добиться. Автоматизация кормления позволяет решить данную задачу и экономит время при выполнении технологических операций.

Автоматические кормораздатчики выдают корм по заданной программе (через определенные промежутки времени выдается определенное количество корма) в бассейнах, садках и силосах. Кормораздатчики могут быть вибрационные, механические, электрические.

Автоматические кормушки Sweeney (рис. 7.5) имеют вибрационный автомат (12 В) для участков прикармливания и содержания мальков. Благодаря встроенной подвеске они легко монтируются и подходят для раздачи всех мелких видов кормов (кормов тонкой фракции, гранулированных и измельченных кормов до 5 мм). Система управления предназначена для управления 13 автоматическими кормушками с выдачей корма до 24 раз в день.



Рис. 7.5. Автоматические кормушки для личинок Sweeney

ARVO-TEC робот-кормораздатчик AT-2001 (рис. 7.6) разработан для выдачи кормов в бассейны. Управление осуществляется через компьютер или местную систему контроля данных. Скорость выдачи корма составляет 18 м/мин в зависимости от температуры и содержания растворенного кислорода в воде. Кормораздатчик имеет два бункера вместимостью по 50 л каждый и оптическое устройство для предупреждения столкновений. Максимальная длина рельса хода кормораздатчика составляет 400 м. Загрузка корма в бункеры происходит автоматически.

Для садковых хозяйств наиболее приемлемыми являются разбрасыватели кормов.



Рис. 7.6. Робот-кормораздатчик АТ-2001

Круглый разбрасыватель (рис. 7.7) имеет встроенный вибратор Maxi и круглый разбрасывающий механизм с дальностью разбрасывания до 6 м.

Диапазонный разбрасыватель (рис. 7.8) состоит из встроенного вибратора Maxi и разбрасывающего механизма, который разбрасывает корм под углом 30° на расстоянии до 10 м.



Рис. 7.7. Круглый разбрасыватель



Рис. 7.8. Диапазонный разбрасыватель

Разбрасывающее устройство STARTS (рис. 7.9) приводится в действие от высокоскоростной турбины 24В/ОС, которая обеспечивает равномерное распределение корма (размер частиц 1–5 мм) с большим диапазоном разбрасывания (приблизительно 15–20 м) и выбрасывает гранулы почти без истирания. Механизм разбрасывания регулируется плавно. Вертикальное расположение позволяет осуществлять точное целенаправленное кормление в длинных и узких прудах (проточных каналах), горизонтальное расположение делает возможным равномерное поверхностное кормление. Регулировка осуществляется через систему управления с возможностью модульного наращивания. Материал – высококачественный полиэтилен или высокопрочный алюминий.



Рис. 7.9. Разбрасывающее устройство STARTS

Для кормления личинок и молоди осетровых используются кормораздатчики с часовым механизмом (рис. 7.10). Корпус кормораздатчика выполнен из пластика, а винты из нержавеющей стали. Вместимость бункера составляет 2–3 кг. С помощью часового механизма на панели управления можно изменить интервалы и продолжительность кормления от 0,2 с до 6 ч. Двадцатичасовой таймер осуществляет пуск-остановку подачи корма соответственно по утрам и вечерам. Продолжительность выдачи каждой порции корма составляет от 10 с до 10 мин.

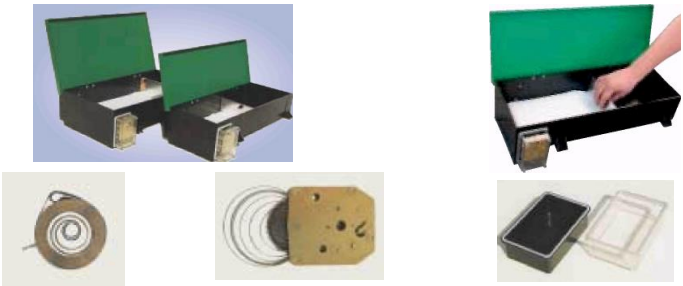


Рис. 7.10. Автоматические кормушки с часовым механизмом

Фирма LINN (Германия) разработала целый ряд кормораздатчиков для различных условий.

Кормушка PROFI-Futterspender с вместимостью бункера 60, 120, 200 кг выдает гранулированный корм (2–7 мм) благодаря точному дозирующему устройству (рис. 7.11). С помощью этого устройства корм разбрасывается по поверхности пруда без потерь. Струя воздуха от компрессора выталкивает порцию корма из устройства, и образующийся поток разбрасывает его на расстоянии до 8 м от кормушки. На внешней стенке бункера имеется шкала, позволяющая быстро

определить оставшееся количество корма. Четырехугольная форма бункеров для 120 и 200 кг снижает вероятность зависания в нем корма. Крышка бункера открывается рукой и фиксируется благодаря установленному газовому амортизатору. В верхней части бункера вставлена решетка из нержавеющей стали. Она предотвращает случайное попадание в бункер частей упаковочной тары. Все кормушки снабжены подставками из нержавеющей стали. Кормушки PROFI-Futterspender управляются по времени. Для этого служит маленький блок управления, прикрепленный к корпусу бункера (можно использовать управляющий блок для нескольких кормушек). При помощи нескольких кнопок и дисплея устройство автоматически распределяет корм на нужное количество кормлений. Дополнительно на блоке управления имеется выключатель для полного отключения кормушки.



Рис. 7.11. Кормушки PROFI-Futterspender

Кормушка PROFI-Elektronik с электронным блоком управления, расположенным внутри прочного влагозащищенного корпуса, который прикреплен к крышке контейнера, предназначена для выдачи корма в инкубационно-личиночных цехах (рис. 7.12). Эту кормушку применяют и для кормления мальков, так как она может настраиваться на разные размеры кормовых частиц. Дозирующее устройство работает за счет колебаний короткого маятника. Маятник при этом не опускается в воду. При наступлении времени кормления расположенный на маятнике мотор внутри контейнера включается электронным устройством и выдает порцию корма. Количество корма регулируется с помощью шплинта, прикрепленного к нижней части маятника. Управляющие кнопки и светодиоды установлены на внешней стороне корпуса блока для удобства программирования и эксплуатации. Кормушка может

включаться 1–9 раз в день. Эти включения автоматически распределены равномерно на весь день. Световой датчик определяет продолжительность светового дня и распределяет число включений. Каждое кормление состоит из нескольких интервалов (по 30 с). После каждой выдачи порции следует пауза (20 с), в течение которой рыбы поедают выданный корм. Таким образом, исключается оседание корма на дно водоема и снижается расход корма.

Автоматическая кормушка STERNER 907 (рис. 7.13) предназначена для кормления личинок и мальков. Система кормления позволяет осуществлять дозировку с точностью ±1 %. Кратность выдачи и количество корма регулируются на кормораздатчике.



Рис. 7.12. Кормушка PROFI-Elektronik (10 кг) с электронным управлением в крышке контейнера



Рис. 7.13. Автоматические кормушки для личинок STERNER 907

Наряду с автоматическими кормораздатчиками используют автоматизированные линии раздачи гранулированных кормов для рыбы, выращиваемой в бассейнах (Н17-ИКЦ-1) и садках (Н17-ИКМ). Эти линии помимо функции раздачи корма служат для его накопления и хранения.

Линия Н17-ИКЦ-1 с бункером вместимостью 40 м^3 обслуживает до 30 пневмораздатчиков вместимостью по 10 кг каждый. За 1 ч кормораздатчик может выдать 40 кг корма. Кратность кормления и объем выдачи корма рыбе определяются автоматической программой управления или при необходимости вручную. Загрузку пневмораздатчиков осуществляют имеющимися в хозяйстве траспортными средствами.

Линия Н17-ИКМ состоит из загрузочного шнека производительностью до 3 т/ч, канатно-дискового конвейера производительностью 2,3 т/ч и дозатора производительностью 0,5–0,6 т/ч. Корм задается рыбе, выращиваемой в садках, как в ручном, так и в автоматическом режиме.

7.2. Автокормушка «Рефлекс»

В рыбоводстве широко используются самокормушки типа «Рефлекс», которые имеют дозирующий механизм, разработанный В. В. Лавровским (ТСА). Он надежен в работе, может выдавать различные по размеру гранулы, легко регулируется и редко выходит из строя. На базе этого механизма выпущена серия автокормушек как для прудовых (плавающие и стационарные), так и для бассейновых и садковых хозяйств (стационарные). Выдающий механизм состоит из столика-диска диаметром, большим, чем отверстие бункера, и кольцевого сбрасывателя, являющегося продолжением рычага маятника. Автокормушка «Рефлекс Т-1-50» представляет собой бункер *2* с крышкой *1*, открывающейся при помощи тяги *3* (рис. 7.14). Бункер крепится на стене при помощи кронштейна *4*.

Внизу бункер имеет отверстие, через которое корм высыпается. Под отверстием расположен на поперечине *6* запорный столик *11*. Влагозащитный кожух *14* защищает образовавшийся конус корма, который запирает отверстие. На столике имеется кольцевой сбрасыватель *12*, который, огибая столик, продолжается в виде стержня (маятника) и уходит под воду. Рыба, задев любой частью маятник *9*, передает движение кольцевому сбрасывателю, который сбрасывает со столика несколько гранул корма. Для получения новой порции корма рыба должна снова толкнуть маятник. Положение кормового столика под отверстием бункера можно регулировать при помощи винта *7* и шаровой опоры *8*, устанавливая его выше или ниже. Конус корма в этом случае располагается ближе или дальше от края столика. Таким образом регулируется величина порции корма и усилие, которое необходимо затратить рыбе для его получения. Можно отрегулировать устройство так, что выдача корма будет затруднена, и он будет выдаваться по одной или несколько гранул после одного или нескольких толчков стержня. Рыба очень быстро привыкает пользоваться этим устройством. Сначала под стержень, который называют маятником, просто бросают гранулы корма, сбрасывая их со столика. Рыба, плавая вокруг или под автокормушкой, задевает маятник. Просыпается пор-

ция корма, и у рыб вырабатывается рефлекс: тронь стержень – получишь корм. Если рыба не голодна, она к кормушке не подходит.

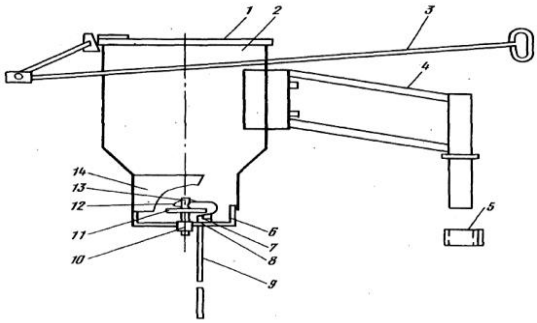


Рис. 7.14. Автокормушка «Рефлекс Т-1-50»:
1 – крышка; *2* – бункер; *3* – тяга для открывания крышки; *4* – кронштейн; *5* – опорный стакан; *6* – поперечина; *7* – винт; *8* – шаровая опора; *9* – маятник; *10* – гайка; *11* – столик; *12* – петлеобразный сбрасыватель гранул; *13* – оградительный штырь; *14* – влагозащитный кожух

Время приучения рыб пользоваться автокормушкой зависит от плотности посадки и составляет от десятков минут до нескольких дней. Рыбы не страдают любопытством: если хотят – подходят, нет – не идут. Корм самопроизвольно не просыпается, потому что он выдается небольшими порциями и сразу употребляется. Вода не загрязняется через разложение корма и выделение из него органического вещества.

Одномаятниковые автокормушки отечественного производства «Рефлекс» предназначены для кормления молоди рыбы в садках, бассейнах и выростных прудах («Рефлекс Т-1-50» и «Рефлекс Т-50»).

Автокормушка «Рефлекс МТ-У» с двумя рядами маятников применяется для кормления молоди в выростных прудах и лотках, а также товарной рыбы в садках.

Многомаятниковая кормушка «Рефлекс МТ-50» используется на садковых линиях для кормления сеголетков карпа, осетров, форели и сомов.

Универсальная автокормушка «Рефлекс МТ-200-У» применяется для кормления сеголетков карпа в выростных прудах и товарного в нагульных, а также ремонтного материала и производителей в небольших по площади прудах.

Многомаятниковые автокормушки могут быть стационарными, установленными в прудах на опорах или плавающими («Рефлекс-1000» и «Рефлекс Т-1500» (рис. 7.15).

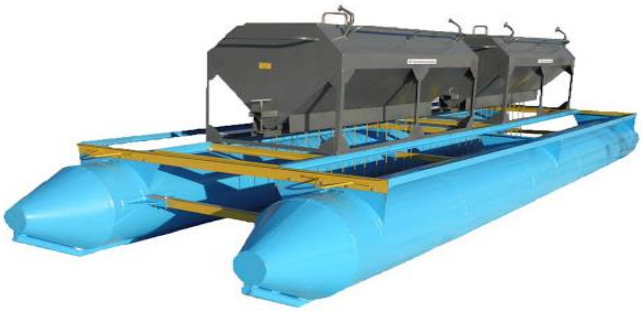


Рис. 7.15. Многомаятниковая автокормушка
«Рефлекс Т-1500»

Плавающая автокормушка «Рефлекс Т-1500» предназначена для раздачи гранулированных кормов рыбе в нагульных прудах. Автокормушка состоит из двух бункеров, вмещающих по 750 кг комбикорма, установленных на двух понтонах типа «катамаран». Кормушка имеет 20 маятников, которые, отклоняясь под действием рыбы, сталкивают с опорной планки (швеллера) определенную часть гранул. Выдающий механизм работает и при наличии в комбикорме 20 % мелких фракций. Одна кормушка обслуживает пруд площадью 5–10 га.

Автокормушку «Рефлекс» устанавливают и на опорах (двух якорях) на глубине 1,2–1,3 м таким образом, чтобы маятники находились на расстоянии 20–30 см выше дна пруда. Загружается кормушка один раз в 2–4 дня. Во избежание образования бочагов под кормушками их каждые 7–10 дней необходимо перемещать на другие участки пруда. На прудах устраивают и централизованные кормовые места (столовые). Для этого автокормушки увязывают в единую систему таким образом, чтобы их можно было загружать из одного места с помощью наземного транспортного средства (рис. 7.16).

Для обслуживания садковых линий на тепловодных хозяйствах выпускается механизированная линия кормления рыбы (рис. 7.17), в которой рабочим органом являются автокормушки в комплексе с тракторным кормозагрузчиком РГК-700.

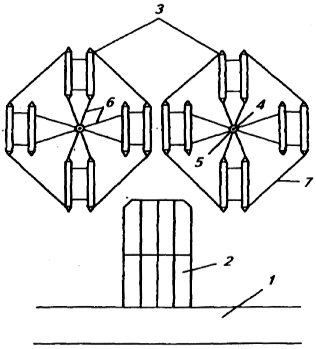


Рис. 7.16. Схема централизованного кормового места:
1 – дамба; *2* – эстакада; *3* – автокормушки; *4* – ось-штанга; *5* – ротор;
6 – жесткие лучи крепления; *7* – фал

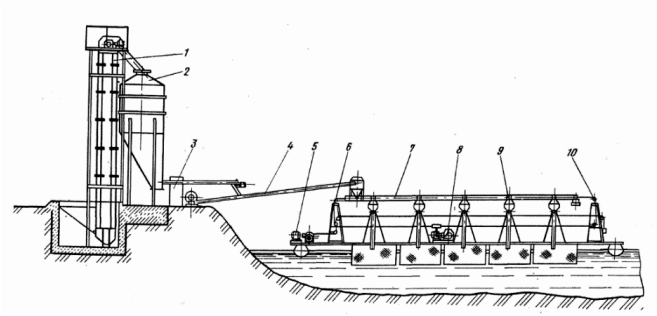


Рис. 7.17. Механизированная линия кормления:
1 – нория НЦГ-10; *2* – бункер-хранилище; *3* – пульт управления;
4 – пневмопровод; *5* – привод кормораздатчиков; *6* – направляющая станция;
7 – трубопровод; *8* – привод транспортера; *9* – кормораздатчик; *10* – натяжная станция

Один такой кормораздатчик обслуживает около 200 автокормушек при двух-трехкратной загрузке в день.

7.3. Складирование и хранение кормов, удобрений и лекарственных препаратов

Для сохранения высокого качества комбикормов в течение нескольких месяцев необходимо в помещении, где они находятся, под-

держивать более низкие температуру воздуха и влажность. Корма хранят в специальных сухих складских темных помещениях, куда не проникают солнечные лучи, с деревянным или бетонным полом. Хранение гранулированных комбикормов целесообразнее осуществлять в складах бункерного типа (рис. 7.18), расположенных на дамбах. При доставке комбикормов автосамосвалами их загружают в бункер норией НЦГ. Из кормовозов ЗСК-10 загрузку осуществляют при помощи винтового конвейера, установленного на кормовозе. Для выростных прудов достаточно иметь бункера типа ХС-2, В-6 и БВ-12, а для нагульных прудов – БМС-25 или БМС-50. Комбикорма из бункеров выгружают с помощью нории, подающей комбикорм на ленточный транспортер, а затем в бункер кормораздатчика, находящегося на берегу пруда.



Рис. 7.18. Бункер стеклопластиковый с пневмозагрузкой для хранения кормов

Хранение витаминов и лекарственных препаратов осуществляют в отапливаемом помещении, где нет перепада температур.

Хранение удобрений (аммиачной селитры) осуществляют в помещениях с водонепроницаемым полом (нельзя использовать деревянный пол). Каждый вид удобрения хранят отдельно в секциях, разделенных сплошной перегородкой. Рассыпные удобрения (калий, фосфор) хранят в буртах высотой до 3 м. Если удобрения фасованы в тару, их хранят штабелями в 20 рядов. Мешки с аммиачной селитрой укладывают крест-накрест в восемь рядов. На отсеках и мешках помещают этикетки с названием удобрений и содержанием активного вещества. Селитру от других удобрений отделяют огнезащитной стеной, вокруг склада сооружают водоотводящие канавы, между полом и грунтом

должно быть свободное пространство. На складе должны быть умывальник, мыло, полотенце, фонтанчики с питьевой водой, аптечки. При работе с известью – респиратор. На складе удобрений не должно быть кормов, торфа, масел, нефтепродуктов. Должны использоваться перчатки, спецодежда, сапоги, халат с глухим воротом. На складе нельзя курить, пользоваться огнем, использовать неисправную электропроводку. Перед началом работы необходимо пройти инструктаж на рабочем месте и далее через каждые 6 месяцев – повторный инструктаж по технике безопасности.

8. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СОРТИРОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ РЫБЫ

8.1. Сортировка (видовое разделение) рыбы в системах аквакультуры

Наиболее трудоемким процессом при облове прудов и выращивании рыбы в поликультуре является сортировка, перед которой стоят две задачи: видовое распределение и сортировка основного вида рыб по весовым группам. Сортировка рыбы может осуществляться в рыбоуловителе с помощью сортировальных вертикальных решет и лотков с использованием прохождения рыбы через решета и лотки с различными просветами, а также с использованием сортировальных устройств и установок, находящихся за пределами пруда.

8.2. Устройства для сортировки рыбы

Все существующие устройства для сортировки живой рыбы основаны на принципе пропуска ее через сортирующие щели, зазор между которыми регулируется в зависимости от поставленной хозяйственной задачи рыбоводом и возрастного состава рыбы.

Сортировка рыб при массовом выращивании в индустриальных условиях является обязательным элементом. Необходимость в сортировке возникает, когда 25–30 % выращиваемой группы рыб достигает величины, превышающей на две трети среднюю длину остальных рыб. Возникает ситуация, способствующая канибализму и агрессивному воздействию больших по размеру рыб на меньших.

Сортировку проводят механическим путем (пассивный способ), вручную либо используют самосортировку рыб (активный способ).

Для сортировки рыбы используют различные устройства.

К числу наиболее простых устройств относится сортировальный ящик с трубками внутри (рис. 8.1). Расстояние между трубками можно изменять, что позволяет получать просветы заданного расстояния. Ящик погружают в воду на некоторую глубину, и мелкая рыба уходит, а крупная остается.



Рис. 8.1. Сортировальный ящик

Для взвешивания рыбы можно использовать встроенные контейнерные весы, которые работают при подключении к системе ручной сортировки (рис. 8.2).

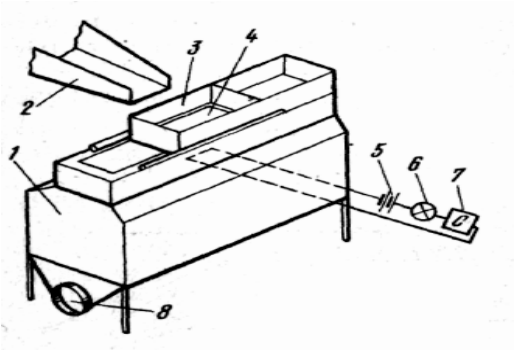


Рис. 8.2. Контейнер с весоизмерителем:
1 – контейнер; *2* – лоток от рыбоперегружателя;
3 – передвижной двухсекционный короб;
4 – платформа весов; *5* – батарейка питания;
6 – сигнальная лампа; *7* – счетчик; *8* – слив

Для сортировки молоди рыбы применяют передвижное полуавтоматическое устройство SC-1, имеющее три камеры для сортировки в диапазоне от 6,0 до 30,5 мм (рис. 8.3). Рама выполнена из нержавеющей стали, ситовые ящики – из стеклопластика.



Рис. 8.3. Передвижное полуавтоматическое устройство SC-1

Для ручной сортировки рыбы на два размера используется сортировальный стол, имеющий гладкую внутреннюю поверхность (рис. 8.4).



Рис. 8.4. Сортировальный стол

Автоматическая сортировка Helios (рис. 8.5) предназначена для сортировки живой рыбы массой от 0,8 г до 4,0 кг (форели, лососевых, тиляпии, леща и карпа).

Для сортировки рыбопосадочного материала карпа СОКБ «Техрыбвод» была создана установка «Карп-1», которая повышает производительность труда в 5,6 раза и снижает трудозатраты на 82 %.



Рис. 8.5. Устройство для сортировки рыб Helios-10

Устройство позволяет сортировать 30 тыс. шт/ч сеголетков карпа на три группы: первая – до 10 г, вторая – до 10–20 и третья – более 20 г. Установка имеет габариты 1 350×1 580×1 630 см, а ее общая масса составляет 590 кг.

Товарный карп сортируют на установке «Карп-2», которая позволяет сортировать 6,8 т карпа в час, повышает производительность труда в 5,3 раза, снижая трудозатраты на 81 %. Товарный карп сортируется на три группы: первая – до 250 г, вторая – 250–600 и третья – более 600 г. Общая масса установки составляет 960 г.

Активную сортировку рыбы (самосортировку) проводят в сортировальном рыбоуловителе с вертикальными решетками, представляющем собой бассейн прямоугольного сечения, выполненный из монолитного бетона. Вертикальные решетки обычно располагаются поперек оси бассейна. Размер щелей можно регулировать. Можно также вставлять решетки с заданным размером щелей. Рыба, устремляясь на ток воды, проходит через щели и таким образом самосортируется в зависимости от толщины.

Линия сортировки мелкой рыбы (рис. 8.6) состоит из накопителя-элеватора для приема и равномерной подачи рыбы на сортировку и четырех реверсивных поперечных транспортеров для распределения отсортированной рыбы в приемные емкости. Дополнительно линия может быть оборудована гидравлическим опрокидывателем контейнеров. После загрузки свежей рыбы в приемный накопитель-элеватор рыба равномерно подается в приемный лоток сортировочной машины (скорость подачи рыбы регулируется). Далее рыба подается на рабочую поверхность, которая спроектирована в виде роликов. Ролики вращаются с постоянной скоростью и имеют между собой зазоры, которые можно регулировать. Производится сортировка рыбы по ши-

рине. Легко передвигаемые реверсивные транспортеры обеспечивают отвод каждой фракции отсортированной рыбы в приемные емкости, находящиеся по обе стороны сортировочной машины.

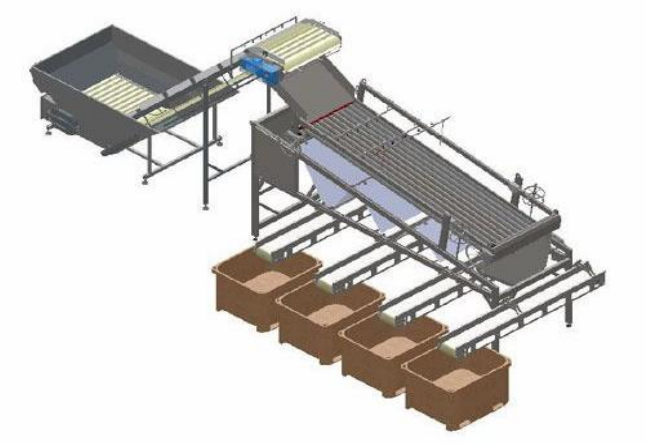


Рис. 8.6. Линия сортировки мелкой рыбы

Для улучшения точности сортировки наклон рабочей поверхности регулируется.

8.3. Средства для перевозки икры и спермы

В практике рыбоводства осуществляют перевозку икры и спермы. Икру транспортируют только оплодотворенную, потому что неоплодотворенная икра быстро погибает. Перевозят ее в специальных ящиках из плотного пенопласта или пластика, обложенного изнутри пенопластом, который служит теплоизоляционным материалом. Внутри такого ящика закладывают деревянные рамки, обтянутые марлей. На марлю в один слой накладывают оплодотворенную икру. На верхнюю рамку, имеющую сетчатое дно, кладут кусочки льда. Во время транспортировки лед тает и орошает икру на рамках, лежащих ниже. При этом в ящике поддерживается температура от 1 до 4 ^{o}C. В таких ящиках перевозят в основном икру рыб, у которых длительный период эмбрионального развития, чаще всего лососевых. Лучше всего перевозить икру в первую и последнюю неделю развития. В этот период икринки менее всего чув-

ствительны к механическим воздействиям: вибрации, толчкам и т. д. В одном пенопластовом ящике размером 55×45×50 см перевозят до 500 тыс. икринок пеляди, 300 тыс. – форели и до 1,5 млн икринок щуки.

Для транспортировки осетровой и лососевой икры используют легкие и экономичные ящики из стирола. Ящик имеет шесть вставок с шестью секциями (рис. 8.7).



Рис. 8.7. Ящики для транспортировки икры

Для транспортировки икры при температуре от –40 °С до +40 °С применяют изолированные емкости из полиэтилена со специальным затвором с хомутиком. Емкость имеет вставки и сливное устройство с навинчивающимся колпачком (рис. 8.8).



Рис. 8.8. Изолированные емкости для транспортировки икры

Хранению и перевозке подлежит свежеотобранная сперма, помещенная отдельно для каждого самца с плотно пригнанными пробками во избежание попадания воды. Пробирки с этикетками заворачивают в марлю и опускают в термос, наполненный мелко наколотым льдом. При перевозке спермы важную роль играет температура. Так, при температуре 1–1,5 °С сперма карпа сохраняет свою активность на протяжении двух суток, форели – до девяти суток, а осетровых – восемнадцать суток.

Если температура воздуха при транспортировании спермы выше 25 °С, то новую порцию льда закладывают через каждые 10 ч. Перед использованием спермы проверяют ее качество.

8.4. Условия транспортировки. Нормы естественной убыли и снулости рыбы при транспортировке

При перевозке рыбы необходимо соблюдать определенные требования к воде и транспортной емкости. Вода для перевозки рыбы должна не только быть насыщена достаточным количеством кислорода для дыхания рыб, но и быть чистой, не иметь различного рода взвесей, pH должен быть нейтральным, содержание диоксида углерода должно быть минимальным. Для теплолюбивых рыб в теплое время года наиболее желательна температура 10–12 °С, а для холоднолюбивых – 6–8 °С. В зимнее время температура воды должна быть около 1 °С. Для перевозки рыб в транспортную емкость наливают воду из того водоема, в котором они находились.

Перед погрузкой рыбы в емкости следует соблюдать приведенные ниже правила.

1. Перед транспортировкой в другое хозяйство рыбу выдерживают в чистой проточной воде в течение 2–4 ч. За это время промываются жабры, частично освобождается кишечник.

2. Емкость для перевозки должна быть чистой и продезинфицированной 20–40%-ным раствором извести.

3. Температуру воды в емкости следует понижать постепенно, в течение нескольких часов, в зависимости от разницы температур во избежание температурного шока у рыб. Можно рекомендовать совместить транспортировку и антипаразитарные ванны. Для этого можно добавить 1–2 кг поваренной соли на 1 $м^3$ воды. Такое количество соли способствует как очищению от эктопаразитов, находящихся в слизи и на коже рыб, так и, как показала практика, улучшению физиологиче-

ского состояния рыбы и уменьшению отхода. Указанное количество соли рекомендуется применять при дальних перевозках. При транспортировке рыбы внутри хозяйства и при продолжительности до двух часов концентрацию можно увеличить в 2–3 раза.

4. Во время перевозки не рекомендуется при частичной или полной смене воды в емкости пользоваться водой из колодцев или городских водопроводов, так как вода в них отличается по своему химическому составу. В этом случае воду берут из какого-нибудь открытого водоема, благополучного по заболеваниям.

Для перевозки рыб используют различные емкости. Транспортные емкости должны быть без острых углов и выступов и иметь гладкие стенки. При необходимости их оборудуют системой жизнеобеспечения: баллонами с кислородом, компрессорами и др.

Нормы снулости на рыбу начисляются по истечении карантинного срока: летом (июнь – август) – двое суток; в остальные месяцы (сентябрь – май) – пять суток.

При хранении живой товарной рыбы летом (июнь – август) – сазана, карася, щуки и линя – снулость не нормируется, а списание производится при составлении актов, характеризующих состояние рыбы на момент поступления и при содержании в садках (табл. 8.1).

Таблица 8.1. **Нормы снулости живой товарной рыбы при содержании в живорыбных садках, бассейнах и приспособленных прудах рыбоводных организаций, % за одну декаду**

Номер нормы	Вид рыбы	Температура воды, °С				
		0,2–2,5	2,6–7,5	7,6–12,0	12,1–20,0	20,0 и более
23.949	Карп, сазан	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
23.950	Карась	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0
23.951	Сом	1,5	2,0	3,0	3,0	3,5
23.952	Линь	1,5	2,0	3,0	3,0	3,5
23.953	Щука	2,0	2,0	3,0	3,0	3,5
23.954	Осетровые	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0

При межсезонных перевозках нормы применяются того сезона (периода), на который приходится дата приемки от поставщика живой товарной рыбы.

При общем сроке транспортировки, превышающем установленные нормативы (или, наоборот, меньше установленных нормативов), сле-

дует производить корректировку расчетных показателей. Данная корректировка осуществляется путем увеличения (или уменьшения) норм естественной убыли и снулости за каждые сутки:

– на 0,2 % по естественной убыли массы;

– на 20 % от основных (или первоначальных) по снулости.

Списание путевых потерь (убыль массы и снулость) при транспортировке живой рыбы с текучими половыми продуктами производится на основании актов комиссии, подтверждающих фактическое (нерестовое) состояние рыбы и имеющие место естественную убыль массы и снулость по каждой доставленной партии рыбы (табл. 8.2).

Таблица 8.2. **Естественная убыль и снулость нерестовой щуки и форели, %**

Вид рыбы	Естественная убыль массы	Снулость
Нерестовая щука	3,5	20
Нерестовая форель	4,0	20

При вывозе карпа из хозяйств, неблагополучных по заболеваниям, допускается увеличение норм естественной снулости на 0,3 % на доставленную в живом виде рыбу при наличии ветеринарного свидетельства.

При перевозках живой товарной рыбы специализированным автотранспортом от станции назначения (разгрузки) до садков живорыбных баз или непосредственно до магазинов (торговых точек) в пределах города, а также из рыбхозов на расстояние до 100 км нормы естественной убыли массы и снулости не применяются.

При транспортировке живой товарной рыбы железнодорожным транспортом протяженностью свыше 100 км нормы начисляются по естественной убыли массы: до 200 км – 0,2 %, а далее за каждые последующие 100 км по 0,04 % дополнительно.

9. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ

9.1. Параметры контроля и управления процессом водоподготовки для выращивания рыбы

Вода пруда, как и любого другого естественного водоема, представляет собой раствор всевозможных неорганических солей и органических соединений, попадающих в воду с дождями, талыми водами в результате смыва с окружающей площади водосбора, размыва грунта, жизнедеятельности всевозможных живых организмов (гидробион-

тов), населяющих водоемы, а также и других источников. Между органическими и неорганическими соединениями, почвой, воздухом и живыми организмами, в том числе рыбой, существуют сложные связи, определяющие состояние водоема и его пригодность для нормального роста и жизнедеятельности рыб и других гидробионтов. Происходит постоянный круговорот органических и неорганических соединений, их количественные и качественные изменения, поэтому гидрохимический режим водоемов постоянно меняется.

Рост и поведение рыбы зависят от ряда физиологических, гидрохимических и поведенческих факторов. Все показатели среды взаимосвязаны, потому что вода является средой жизни для всех видов рыб. Высокие плотности посадки рыбы и интенсивное кормление часто приводят к изменению гидрохимического режима, делая его неблагоприятным для рыб. Несвоевременные меры по устранению отрицательных последствий интенсификации являются основной причиной гибели рыб во время зимовки, снижения рыбопродуктивности, возникновения различных заболеваний, поэтому для этого необходимо осуществлять постоянные наблюдения за водной средой (рис. 9.1).

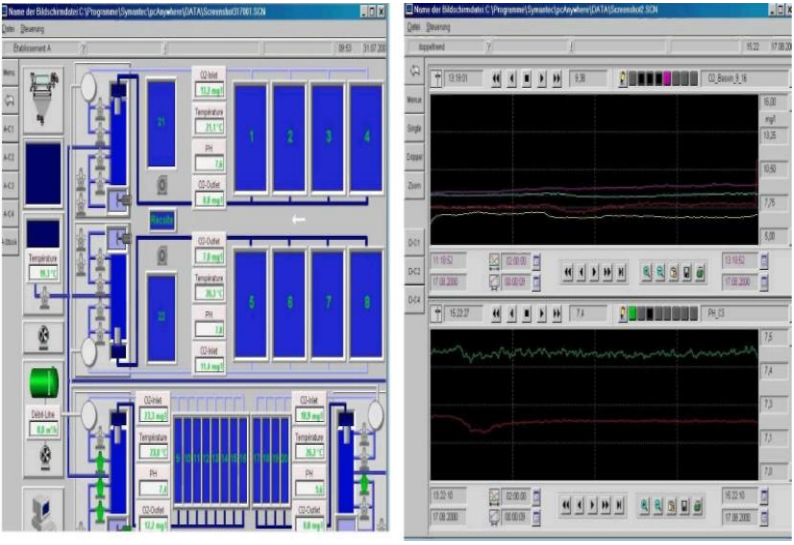


Рис. 9.1. Управление процессом водоподготовки

9.2. Управление системой инкубации икры рыб, подращивания личинок, выращивания живых кормов

Автоматическая кормушка E2000 предназначена для контролируемого кормления гранулированным и измельченным кормом от 0 до 7 мм в инкубационных установках (рис. 9.2).



Рис. 9.2. Автоматическая кормушка E2000

Автоматическая спиральная кормушка FFAZ предназначена для кормления гранулированным и измельченным кормом от 1 до 8 мм (рис. 9.3).



Рис. 9.3. Спиральная автоматическая кормушка FFAZ

Блок управления автоматическими кормушками E2000 и FFAZ осуществляет следующие операции регулировки: время кормления (1–99 с), интервалы между кормлениями (1–99 с) и тестовую информацию (рис. 9.4).



Рис. 9.4. Блок управления

Устройство для подсчета мальков FCM осуществляет подсчет маленьких личинок рыбы (окуневых, карповых и др.) с максимальным диаметром до 3,5 мм. Вывод информации происходит на жидкокристаллический дисплей. Устройство оснащено детектором инфракрасного излучения для подсчета личинок до 1 миллиона в час, точность подсчета составляет 98 % (рис. 9.5).



Рис. 9.5. Устройство подсчета мальков FCM

Аппарат для отбора икры ROE-1 предназначен для отбора и очистки икры в инкубационных установках для лососевых (рис. 9.6).

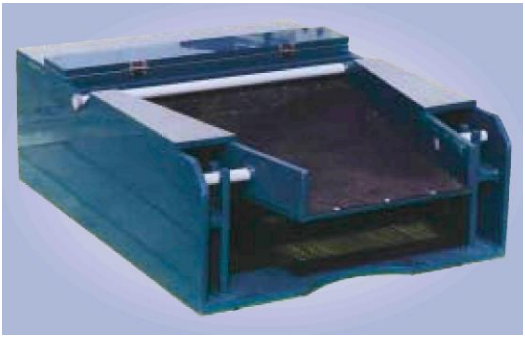


Рис. 9.6. Аппарат для отбора икры ROE-1

Переносная машина для сортировки икры J-SORTER предназначена для сортировки икры лосося и форели. Основным компонентом является фотоэлемент, который отличает здоровые икринки от погибших и отделяет их с помощью воздушного сопла. В комплект машины входят шесть дисков с отверстиями, воздушный компрессор, патрубок для воды. Точность сортировки составляет 99,9 % (рис. 9.7).



Рис. 9.7. Машина для сортировки икры J-SORTER

Инкубационная система для осетровых OSETR представляет собой опрокидывающийся механизм, приводимый в действие водой, и создает идеальные предпосылки для оптимального инкубационного результата. Производительность составляет до 40 кг на всю систему, состоящую из 16 вставок. Расход воды – 4,8 м^3/ч (рис. 9.8).

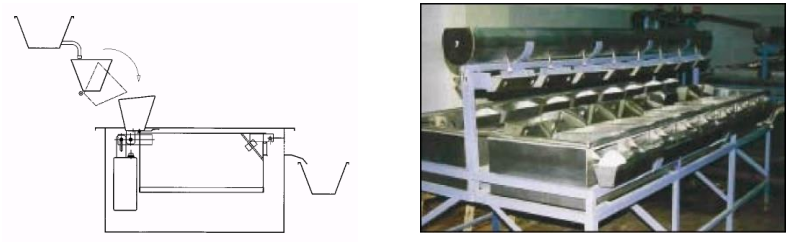


Рис. 9.8. Инкубационная система для осетровых OSETR

Емкости ART для зоопланктона и артемий предназначены для производства личинок артемии и зоопланктона. В нижней конусной части инкубатора осуществляется фотоактивное отделение личинок артемий от оболочки икры. Корпус емкости изготовлен из высококачественного стеклопластика с абсолютно гладкой внутренней поверхностью, включая крышку (рис. 9.9).

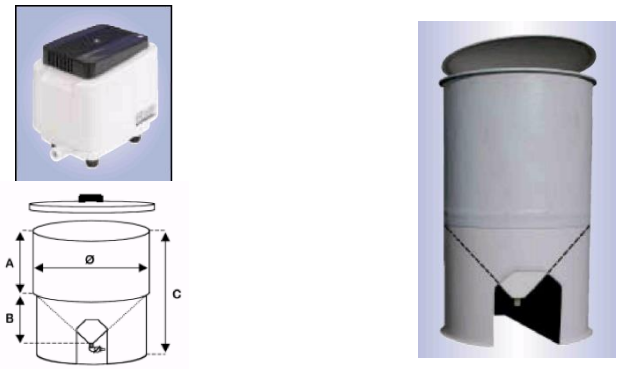


Рис. 9.9. ART – емкости для зоопланктона и артемий

9.3. Управление системой раздачи кормов

Система управления LOGO-I для настройки автоматических кормушек START может наращиваться для подключения любого количества автоматических кормушек (рис. 9.10). С помощью системы управления LOGO-I уже в стандартных исполнениях можно регулировать продолжительность общего кормления в день, количество интервалов кормления и продолжительность кормления в ряду. Программы расширения позволяют дополнительно управлять температурой воды, контролируемым приростом, а также автоматическим отключением при понижении допустимого значения O_2 и контролем за работой аппаратов. Система управления LOGO-I поставляется в версии 12/24В/ОСИЛИ 115–230 В/АС.

Модель CF20 (рис. 9.11) предназначена для управления кормушками STERNER релейными выключателями количеством до 31 шт. (1 на каждые восемь кормушек), что в сумме дает 248 шт. автоматических кормушек. Программное обеспечение управления кормушками выполняет следующие функции: калибровку, регулировку отдельного рациона кормов и общего количества кормов в день, процентное увеличение кормов в день. Для управления кормушками STERNER имеется целый ряд контрольных блоков.



Рис. 9.10. Система управления LOGO-I

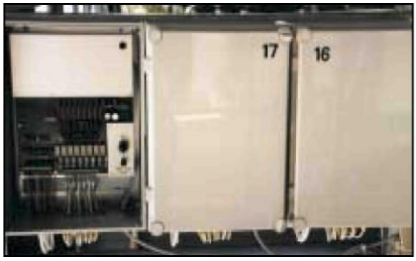


Рис. 9.11. Модель CF20

Одноканальная система TF700 используется для управления отдельными кормушками или группой кормушек (рис. 9.12). Процентное увеличение рациона кормов в день может регулироваться.

Система контроля управления Blue Sence (рис. 9.13) включает в себя датчики, измерительное оборудование, систему оповещения и визуализации, обработку и хранение данных процесса выращивания рыбы в бассейнах.



Рис. 9.12. Одноканальная система TF700



Рис. 9.13. Система Blue Sence

Программное обеспечение AQUA-Feed от LINN (рис. 9.14) обеспечивает контроль и управление процессом кормления дистанционно с персонального компьютера. Кормовая программа составляется индивидуально. Задаются и контролируются все необходимые параметры (уровень кислорода, температура, значения pH, марка корма, количество корма, привес и т. д.).

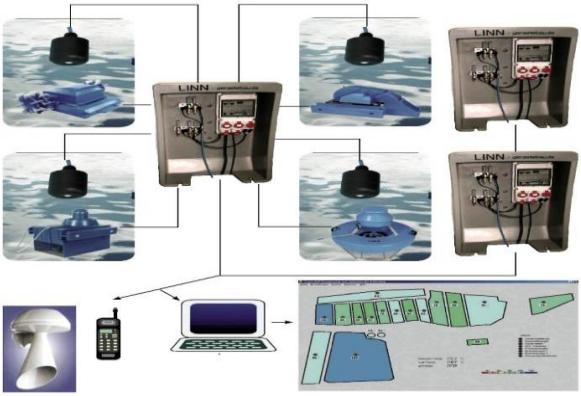


Рис. 9.14. Программное обеспечение AQUA-Feed от LINN

9.4. Система контроля гидрохимических параметров воды

Интенсификация рыбоводства требует большой плотности посадки рыбы, поэтому в воде происходит накопление продуктов их жизнедеятельности (CO_2, NO_3, NO_2, NH_4), а также органических веществ (остатки несъеденного корма, экскременты и др.), что ухудшает условия содержания рыб. Для поддержания в оптимальных пределах физических и химических параметров среды обитания необходимо знать их истинное содержание в воде. Для определения физических и химических показателей воды используют различные приборы.

Для быстрого определения величины pH используют ручной измерительный прибор. Прибор работает с запрограммированным эталоном (автоматическая калибровка). Он измеряет не только величину pH (0–14), но и температуру воды и отображает информацию на дисплее (рис. 9.15).

Измерительные приборы Oxyguard – это переносные устройства для измерения растворенного кислорода в воде (рис. 9.16). Модель прибора Handy Alpha измеряет растворенный кислород (% и мг/л). Модель прибора Handy Beta, кроме растворенного кислорода, измеряет еще и температуру. Модель прибора Handy Gamma, кроме растворенного кислорода и температуры, измеряет еще и содержание соли в воде.



Рис. 9.15. Портативный измерительный прибор pH



Рис. 9.16. Портативные измерительные приборы для кислорода Oxyguard

Нефелометры WTW предназначены для определения мутности воды с одновременным определением содержания нерастворенных твердых частиц по форме, размерам и составу (рис. 9.17).





Рис. 9.17. Нефелометры WTW для определения мутности воды

Прибор WTW-Multi 340i выполняет измерения значений pH, содержания кислорода, температуры, проводимости и содержания соли в воде (рис. 9.18).

Прибор Royce 503 предназначен для измерения содержания в воде свободного углекислого газа CO_2 и значений pH (рис. 9.19).



Рис. 9.18. Прибор WTW-Multi 340i



Рис. 9.19. Прибор Royce 503

Универсальный фотометр выполняет автоматизированное измерение параметров воды со 100 тестами в широком диапазоне (рис. 9.20).



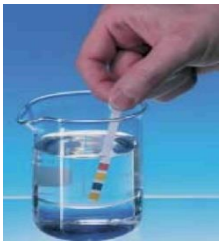



Рис. 9.20. Универсальный фотометр

9.5. Система контроля и регулирования кислородного режима

Увеличивающиеся требования к среде обитания рыбы и чистоте воды, экономия расхода воды, повышение плотности посадки рыбы требуют более прогрессивных методов ввода кислорода в воду, чем обычные способы массообмена между водой и атмосферой. При интенсивном рыбоводстве малейшее изменение концентрации кислорода в сторону снижения в прудах, бассейнах и садках сказывается на росте рыб. Зачастую рыбы перестают расти. Ухудшается их физиологическое состояние и в первую очередь устойчивость к воздействию патогенных факторов. Стабильно высокий уровень кислорода обеспечивает максимальную скорость роста рыб, нормальные физиологические параметры, снижение загрязнения воды продуктами метаболизма (особенно азотсодержащими). Очевидно, что максимальные рыбоводные показатели могут быть достигнуты при концентрации кислорода в воде на уровне, соответствующем 100%-ному насыщению на протяжении всего времени выращивания рыбы. Наблюдения за кислородным режимом в воде осуществляются при помощи различных систем.

Система Agua BUS контролирует уровень кислорода в воде и другие параметры (рис. 9.21).

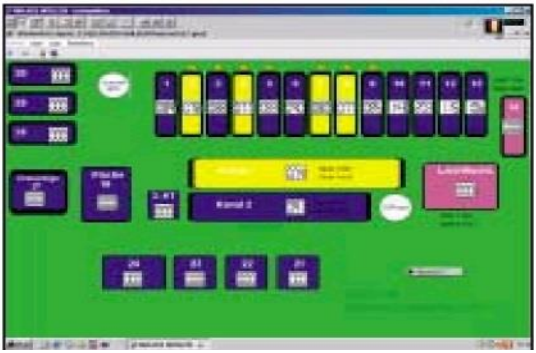


Рис. 9.21. Система Agua BUS

Система Oxy Cuard-Commander предназначена для измерения, регистрации и контроля содержания кислорода и других параметров качества воды (рис. 9.22).

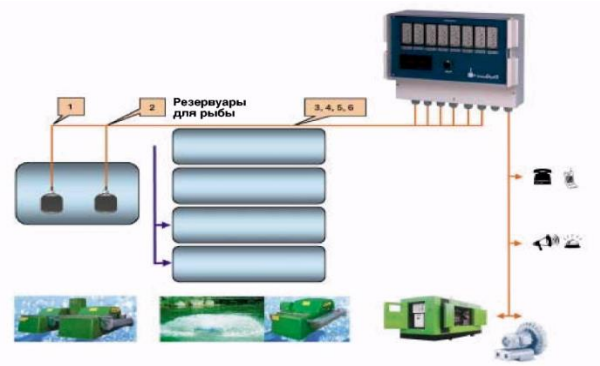


Рис. 9.22. Система Oxy Cuard

Система Oxy Cuard 1,6 и 8 осуществляет контроль не только за уровнем кислорода при помощи восьми кислородных зондов, но и за другими параметрами воды. С помощью вспомогательных агрегатов (аэратор, насосы, электромагнитные клапаны) аппарат самостоятельно перенимает управление при отклонении от свободно программируемого максимального или минимального значений до тех пор, пока не будут установлены желаемые (зона контроля) (рис. 9.23).

Agua OX-Plus – установка для обогащения кислородом. Регулировка количества воды выполняется вручную с помощью установочного клапана, подвод кислорода происходит либо автоматически, либо вручную (рис. 9.24).

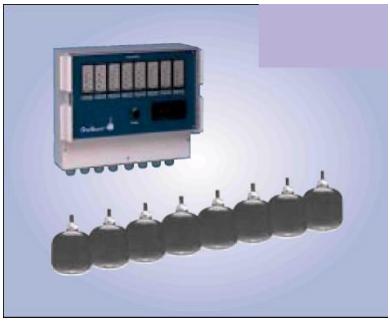


Рис. 9.23. Система Oxy Cuard 1,6 и 8



Рис. 9.24. Установка для обогащения кислородом Agua OX-Plus

9.6. Система сигнализации. Основное и резервное энергообеспечение систем аквакультуры

Сигнализация безопасности – это средство предупреждения работающих о приближающейся или возникшей опасности. Системы сигнализации включают в себя специальные автоматические устройства, отключающие установку в случае, если поданный сигнал не повлечет за собой выполнения в установленный отрезок времени определенных действий оператора по выводу оборудования на нормальный режим функционирования. Сигнализирующие устройства служат для контроля давления, температуры, относительной влажности.

Сигнализации подразделяют:

• по устройству (внешняя, внутренняя, комбинированная);

• по характеру передачи сигнала (непрерывная и пульсирующая);

• по назначению (информационная, предупредительная, аварийная и ответная);

• по способу срабатывания (автоматическая и полуавтоматическая).

Наиболее распространены световая и звуковая сигнализации. Световую сигнализацию применяют в качестве одного из основных средств обеспечения безопасности. В электроустановках световая сиг-

нализация оповещает о наличии или отсутствии напряжения, штатном режиме автоматических линий.

Звуковую сигнализацию применяют для оповещения работающих о достижении предельно допустимого уровня жидкости в бассейнах, предельных температур и давлений в помещениях, а также о превышении предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в воде.

К сигнализационным устройствам относят приборы, установленные на насосных установках (манометры), датчики на блоках управления автоматическими процессами кормления рыб и для определения параметров качества воды. Они постоянно действуют, и посредством постоянного или периодического наблюдения за стрелкой прибора, можно следить за давлением, температурой и другими параметрами, не допуская опасного превышения (понижения) значений контролируемых параметров.

Существуют следующие виды звуковых сигналов:

• речевые сигналы – односложные предупреждения, стандартные сообщения, импровизированные сообщения;

• неречевые сигналы – звонок, зуммер, гудок, сирена.

К звуковым сигналам предъявляются следующие требования:

• сигналы должны быть легко слышимы на фоне шума или других звуковых сигналов (по возможности они должны быть не менее чем на 10 дБ выше уровня общего шума);

• сигналы должны быть отличны от других звуковых сигналов.

Световая сигнализация используется для информирования:

• нормального (штатного) режима работы приборов и устройств;

• нарушения производственного процесса рыбоводного хозяйства (комплекса).

Световые сигнальные элементы можно использовать для передачи команд или информации.

К характеристике световых сигналов относят яркость, цвет, частоту (отсутствие) мигания.

К световым сигналам предъявляются следующие требования:

• световой элемент должен быть по крайней мере в два раза ярче окружающего фона;

• сигнальный элемент должен располагаться в затемненных местах или быть защищен специальным козырьком.

С назначением сигналов должны быть ознакомлены все работники рыбоводного хозяйства (комплекса).

Системы электропитания являются неотъемлемой частью современных производственных технологий и в значительной степени определяют возможность реализации того или иного процесса.

Электроснабжение в рыбоводных хозяйствах производится от существующих энергосистем и электрических сетей. В качестве резервных источников электрической энергии в рыбоводных хозяйствах индустриального типа могут использоваться собственные системы электроснабжения. Собственные системы электроснабжения позволяют не только вырабатывать электроэнергию, но и улавливать и преобразовать регенерированную теплоту для других нужд хозяйства. Наряду с электроэнергией, генераторный агрегат поставляет не только горячую воду, но и тепло – тепловую энергию, которые используются для удовлетворения потребителей в отоплении, повышая КПД системы до 75 %.

Газопоршневые электростанции работают как на природном, так и на сжиженном нефтяном газе (смесь пропана и бутана). Современный двигатель этого типа станций оснащен системой электронного управления, благодаря которой происходит сжигание обедненной до определенного уровня смеси топлива и воздуха, что способствует значительному уменьшению количества угарного газа и соединений азота в продуктах сгорания.

Дизельные генераторы используются в качестве автономных или резервных источников электроснабжения трехфазным током промышленной частоты 50 Гц напряжением 400 кВт. Они укомплектованы системами и контрольно-измерительными приборами, необходимыми для их функционирования, работают в условиях окружающих температур минус 50 ^{o}C – плюс 50 ^{o}C. Наработка на отказ двигателя составляет 20 000–40 000 ч. Дизельные двигатели по режиму работы могут быть «тихоходными» (1 500 об/мин) и «быстроходными» (3 000 об/мин). «Быстроходные» меньше по весу и габаритам, но кроме повышенного шума при работе отличаются более высоким расходом топлива и меньшим ресурсом.

В случае отключения или пропадания сетевого электропитания в хозяйствах можно использовать бензиновые генераторы. Бензиновая электростанция служит источником электроэнергии (переменного или постоянного тока), источником резервного электропитания для ламп аварийного освещения, а также для обеспечения работы устройств контроля и управления технологическими процессами.

Для расчета суммарной мощности энергетических установок в то-

варных рыбоводных хозяйствах суммируют мощности всего оборудования, потребляющего электрическую энергию (насосы, аэраторы, кормораздатчики и др.). Зная время их работы можно определить годовой расход электроэнергии (кВт/ч).

Значительная доля топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве Беларуси расходуется на теплоснабжение ферм, кормоцехов, инкубационных цехов рыбхозов и других производственных помещений. Многие из этих помещений работают сезонно, причем в такое время года, когда наблюдается наибольшая интенсивность солнечной радиации, поэтому необходимость использования энергии солнца диктуется самой жизнью. В Республике Беларусь в настоящее время имеется 15 инкубационных цехов при рыбоводных хозяйствах суммарной мощностью 420–610 млн трехдневных личинок. Из 15 цехов только в двух подогрев воды не производится, а используются сбросные воды ТЭЦ. В остальных хозяйствах подогрев воды производится или электрическими тенами, или с помощью котельных, работающих как комплексно (теплоснабжение хозяйственных поселков и инкубационных цехов), так и исключительно на потребности инкубационных цехов. В условиях дефицита энергоресурсов и резкого их удорожания эта задача может быть частично решена при использовании нетрадиционных источников энергии, в частности гелиоустановок, для подогрева воды в инкубационных цехах и небольших по площади прудах для подращивания молоди и живых кормов.

Например, только для воспроизводства и подращивания молоди рыб один инкубационный цех рыбхоза (производительностью 8–10 млн штук мальков за цикл) расходует на период 5–6 циклов инкубации (май – июнь) до 1,5 тыс. кВт/ч электроэнергии в сутки на нагрев до 10 ºС проточной воды, подаваемой в цех из водоема (60–70 тыс. кВт/ч за период инкубации). Можно на треть сократить расход электроэнергии, расходуя ее в основном в ночное время суток, когда тарифная цена ее дешевле, если задействовать в систему теплоснабжения цеха легкосъемное гелиотехническое оборудование, устанавливаемое на май – июнь, и рекуперативные высокоэффективные теплообменники – утилизаторы сбрасываемого тепла.

10. СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЫБОВОДСТВЕ

10.1. Средства механизации по мелиорации прудов

Для приведения прудов различных категорий в надлежащее состояние их мелиорируют. Термин «мелиорация» происходит от латинского слова *melioratio* – улучшение. Мелиорация – это система технических и организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на создание благоприятных условий для обитания рыб и повышения рыбопродуктивности прудов. Мелиорацию осуществляют как в самом пруду, так и на окружающей его территории. Для предотвращения излишнего заиления прудов на водосборной площади устраивают отстойники, фильтры, сооружения для очистки сточных вод, высаживают деревья, а склоны и берега засевают семенами различных трав. В процессе эксплуатации прудов образуется иловый слой, происходит заболачивание, интенсивно развиваются высшие водные растения. Все это приводит к ухудшению гидрохимического режима и санитарного состояния пруда.

Мелиоративные работы в пруду начинают с осушения ложа. При осушении ложа многократно увеличивается поступление атмосферного кислорода в толщу ила, что способствует минерализации органических веществ нитрифицирующими бактериями. При высыхании ил уплотняется, в нем образуются трещины, воздух еще глубже проникает в ил, продолжая разлагать вредные соединения. В осушенном ложе водоема погибают многие болезнетворные организмы. Для грубой планировки, ликвидации ям, бочагов и других неровностей ложа прудов применяют различные бульдозеры и скреперы.

Для полного осушения ложа пруда ежегодно после осеннего спуска воды расчищают водосборные и водоотводящие канавы при помощи экскаватора ЭО-3223.

При увеличении слоя ила в прудах до 50–70 см и более его необходимо удалять. В наиболее сухое время года бульдозером снимают слой ила и перемещают его к периферии пруда.

Чрезмерное зарастание прудов водной растительностью ухудшает гидрохимический, в частности кислородный режим, повышает кислотность воды, затеняет водоем, препятствуя проникновению в воду света и тепла, сокращает полезную площадь нагула рыбы, что приводит к ее переуплотнению на незаросшей части пруда. Борьбу с зарастанием

водной поверхности прудов производят следующими способами: механическим, биологическим и химическим. Механический способ борьбы с водной растительностью заключается либо в уничтожении корневой части растений путем соответствующей обработки почвы, либо в выкашивании стеблевой части растений и удалении из пруда при помощи камышекосилок различных типов. В целях уничтожения корневой части растений ложе водоема обрабатывают дисковой бороной, плугом или почвенной фрезой. В целях борьбы с зарастанием прудов выкашивают водную растительность. Растительность делится на следующие виды:

а) жесткая (камыш, осока, рогоз, тростник);

б) мягкая, стебли и листья которой находятся почти полностью под водой, а корни слабо укреплены в грунте (рдесты, элодея);

в) растительность с плавающими листьями и сильно развитыми корнями (кувшинка, кубышка и др.);

г) растительность, плавающая, не укореняющаяся (ряска).

Растительность скашивают до начала или в начале цветения. В этот период корневая система еще слабая и не отдает питательных веществ, необходимых для развития вегетативных органов. Скашивают все стебли, что способствуют отмиранию корневой системы, до того как отрастут вегетативные части, служащие источниками накопления питательных веществ в корнях.

Стебли срезают по возможности ближе к корням, так как это гарантирует разложение корней и меньшее отрастание стеблей. Скошенную водную растительность сушат, сжигают и золой удобряют ложе либо компостируют и используют как органическое удобрение для прудов.

Скошенная растительность, как правило, восстанавливается через 7–12 дней. Поэтому процесс кошения в хозяйстве происходит постоянно, при переходе из одного пруда в другой.

Основной косилкой, применяемой в прудовом рыбоводстве для кошения водной растительности, являются импортные косилки «Эзокс», DOROCUTTER ESM20, камышекосилка Лидер, КГ-1, КГ-2, КМ-1Н-ИФИ и косилка ЛК-12 производства ОАО «Бобруйскагромаш». Камышекосилка КГ-1 предназначена для скашивания водной растительности в естественных и искусственных водоемах глубиной не менее 0,4 м. Управляет камышекосилкой оператор. Ее производительность составляет 0,4–0,85 га/ч, ширина захвата режущего аппарата – 2,8 м, скорость движения при кошении – 1,0 м/с, а при чистой воде – 1,5 м/с.

Камышекосилка ЛК-12А (рис. 10.1) предназначена для скашивания и транспортирования по воде жесткой водной растительности.



Рис. 10.1. Камышекосилка ЛК-12А

Она может быть использована для заготовки водной растительности и приготовления компостов. Все узлы камышекосилки (гидросистема, шнекорулевые колонки, лебедка) установлены на лодке, приводимой в движение дизельным двигателем. Производительность при кошении составляет 0,8–1,6 га/ч, при транспортировании скошенной растительности – до 10 т/ч. Глубина кошения – 1,6 м, ширина захвата – 2,8 м.

Камышекосилка КМ-1Н-ИФИ представляет собой ручную малогабаритную камышекосилку, которая предназначена для скашивания камыша и другой растительности на мелководье и в береговой зоне водоемов.

Режущий аппарат и ходовые колеса камышекосилки приводятся в движение от двигателей внутреннего сгорания «Дружба-4» через коробку передач. Полные ходовые колеса обеспечивают сцепление с грунтом и плавучесть камышекосилки при глубине до 0,4 м. Производительность составляет 0,05 га/ч, ширина захвата – 1,07 м, скорость движения при кошении – 0,5 м/с.

Один из способов мелиорации – летование прудов, т. е. выведение пруда из эксплуатации не только в зимний, но и в летний период. В период летования ложе пруда хорошо просыхает, ил уплотняется, а органические вещества разлагаются и минерализуются. Ложе обога-

щается легкодоступными биогенными веществами, способствующими повышению рыбопродуктивности пруда.

Летование прудов можно сочетать с ремонтными работами на гидротехнических сооружениях или с оздоровлением всего хозяйства. В связи с этим периодичность летования прудов должна определяться не только мелиорацией, но и необходимостью проведения капитального ремонта или оздоровительных мероприятий. Для косьбы трав по ложку летовальных прудов применяют косилку ККД-1,5, навешиваемую на трактор «Беларус» или косилку КСП-2,1.

Одно из эффективных мелиоративных мероприятий – аэрация воды. Зимой аэрацию осуществляют при помощи аэрационной установки ИВФ. Для аэрации летних прудов используют аэратор марки «Ерш», который разбрызгивает воду и создает поверхностный ток воды, и аэратор «Винт», который засасывает воздух, перемешивает его с водой и создает направленный ток в толще воды. Все аэраторы применяют для предотвращения заморов рыбы или при высоком уровне интенсификации рыбоводства.

10.2. Средства механизации по удобрению прудов

Технологическая схема комплексной механизации внесения удобрений включает в себя следующие операции: погрузку удобрений с центрального склада в транспортные средства и доставку их к месту внесения, загрузку машиноразбрасывателей и внесение удобрений в пруды. Погрузка в транспортные средства на центральном складе производится погрузчиком «Амкадор 208В», погрузчиком фронтальным «Вепрь Т-219», многоковшовый погрузчиком Д-565 (ТМ-1) или экскаватором-погрузчиком ЭП-2620-01 на базе трактора МТЗ-82П. При перегрузочных работах используют машины марки МВС-4М и ПКП-2,5.

Доставка извести и удобрений к прудам и перегрузка в машины-разбрасыватели осуществляется автосамосвалами, автомобилями или тракторными прицепами.

Для внесения извести по осушенному ложу прудов применяют туковые сеялки СТС-15А с самозагрузкой, а также разбрасыватели минеральных удобрений и извести РУМ-3-1, РУМ-3-2, РМИ-2,1-ПТУ-4 и 1-РГМ-4, для внесения органических удобрений по ложу осушенного пруда – разбрасыватель твердых органических удобрений РТУ-15, МТУ-18, навозоразбрасыватель N267 (8 т), навозоразбрасыватель РОУ.

Удобрения в пруды вносят как до, так и после залития их водой. До залития в основном вносят органические удобрения, минеральные – как правило, по воде. В небольшие водоемы удобрения вносят вручную при помощи мотопомпы и дождевальных установок. В выростные и нагульные пруды минеральные удобрения вносят с лодки, оборудованной навесными сетчатыми барабанами. Шестиугольные барабаны устанавливают на оси, их диаметр и ширина равны $^{1}/_{10}$ длины лодки. Металлическая сетка имеет ячею диаметром 2–3 мм. На каждой грани барабана укреплены лопасти шириной 10 см. Барабаны заполняются удобрением через съемную решетку на одной из граней. При движении лодки барабаны вращаются и удобрения, растворяясь, вымываются водой в пруд.

Используют также лодку с воздушными отсеками и трюмом для удобрений. В нижней части бортов проделаны по два отверстия с трубчатыми направляющими. Передние направляющие служат для забора воды при движении лодки, а кормовые – для спуска в пруды раствора удобрения.

Для внесения минеральных удобрений можно использовать металлическую лодку с мотором и мотопомпой. Удобрения растворяют прямо в лодке и раствор через брандспойт разбрызгивают по пруду.

В качестве разбрызгивающего устройства используют серийные агрегаты ТУБ-5, ЖЖВ-8, ПВО-2,5, а также дождевальные машины ДДН-45, ДДН-50. При внесении минеральных удобрений в виде водных растворов применяют агрегат ИРД, который за смену вносит необходимое количество удобрений на площади 120–180 га.

Для внесения органических удобрений по ложу осушенного пруда используют грейферные погрузчики, самосвалы, навозоразбрасыватели.

10.3. Средства облова прудов и водоемов

Облов является заключительной технологической операцией, завершающей цикл выращивания рыбы в водоеме. От его успеха зависят сохранность выращенной рыбы и общие конечные результаты. Поэтому очень важно рационально, т. е. в оптимальные сроки и без потерь, провести облов рыбы.

Облов распадается на ряд более мелких технологических операций. Для спускных прудов это:

1) сброс воды из пруда;

2) вылов рыбы из рыбоуловителя или приямка перед донным водоспуском;

3) сортировка рыбы по видам и размерам;

4) учет выловленной рыбы: взвешивание и пересчет;

5) погрузка на транспортные средства и отправка потребителям.

Как на выростных прудах, так и на нагульных необходимо промыть рыбоуловитель и удалить иловые наносы перед донным водоспуском, открыв полностью затвор водосброса на 10–15 мин. После этого затвор закрывают, вставляют решетки в заднюю стенку рыбоуловителя и начинают сброс воды.

Зашедшую в рыбоуловитель рыбу концентрируют с помощью бредня, затем из бредня ее сачками грузят в контейнер с открывающимся сетчатым дном или в каплер – сетчатый распускающийся мешок, поднимают из рыбоуловителя, ставят на весы, взвешивают и перегружают в живорыбную емкость.

Для извлечения рыбы из рыбоуловителя применяют подвесные сачки, грейферы и другие приспособления.

При перегрузке рыбы из рыбоуловителей нагульных прудов используют сетной концентратор (рис. 10.2). Сетное полотно расстилают по всему рыбоуловителю так, чтобы фалы располагались перпендикулярно к его длине. Концентрацию рыбы проводят последовательным натяжением стяжных фалов, в результате чего образуются бегущие сетные волны, которые заставляют рыбу концентрироваться в камере выгрузки рыбоуловителя.

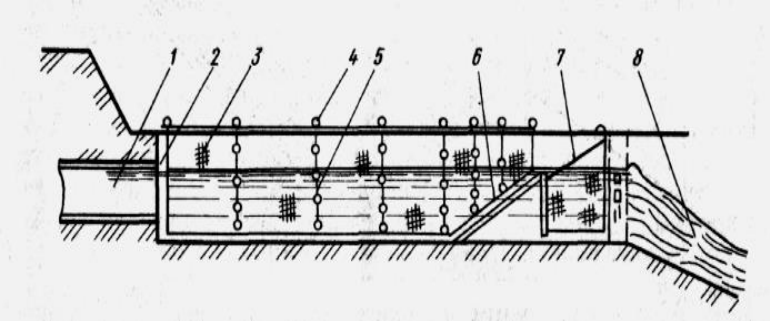


Рис. 10.2. Сетной концентратор:
1 – водовыпуск из пруда в рыбоуловитель; *2* – установочная рамка;
3 – сетное полотно концентратора; *4* – установочные кольца; *5* – стяжные фалы;
6 – направляющая наклонная дорожка; *7* – контейнер; *8* – сбросной канал

Распространенным методом облова нагульных прудов является контейнерный способ, позволяющий сократить время облова в 2–3 раза. В донный водоспуск с камерой облова помещают два контейнера, куда вместе с потоком воды при ее спуске из пруда заходит рыба. Загрузку и подъем контейнеров осуществляют с помощью электротельфера попеременно: во время подъема и выгрузки одного контейнера наполняется другой. Энергопитание электротельфера и освещение рабочей площадки обеспечивают передвижной электростанцией типа Э-8 или ЛЭП.

Механизация облова заключается в том, что в наиболее трудоемкой операции – подъеме контейнера с рыбой из рыбоуловителя – используют различные подъемные средства. Наиболее часто встречающийся – небольшой подъемный кран «Пионер», который перевозится в разобранном виде и монтируется на берегу рыбоуловителя.

Облов рыбы включает в себя несколько последовательных операций: концентрацию, извлечение из воды, сортировку, взвешивание, подсчет поголовья и перевозку.

Для облова молоди в нерестовых прудах широко используют переносной цельнометаллический рыбоуловитель (рис. 10.3). Совокупность решет разного размера позволяет задерживать молодь в рыбоуловителе, концентрировать ее в зоне малого потока воды, при этом поддерживать необходимый уровень воды независимо от силы потока спускаемой из нерестового пруда воды. Рыбоуловитель размером 1×3×0,8 м дает возможность за рабочую смену обловить до 1 млн личинок рыб.

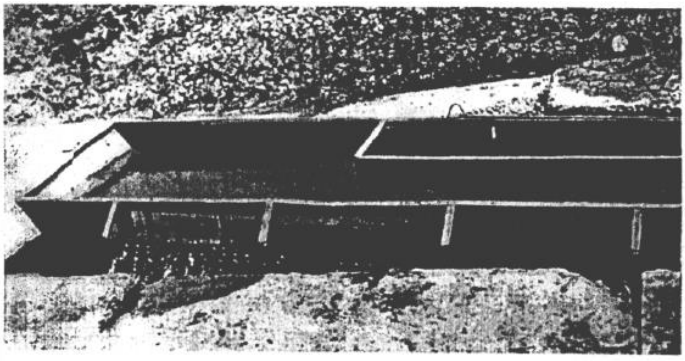


Рис. 10.3. Мальковый рыбоуловитель

При вылове рыбы, выращиваемой в полуспускных или неспускных водоемах комплексного назначения, используют пассивные и активные орудия лова. По принципу действия их подразделяют на три группы.

К первой группе относят объячеевающие сети, в которых рыба застревает, запутывается или объячеивается, пытаясь пройти сквозь преграду (сеть), установленную в виде стены на пути ее хода. Чаще используют одностенные и трехстенные ставные сети, которые в процессе лова остаются в водоеме неподвижно на одном месте.

Вторую группу составляют отцеживающие орудия в виде сетной стены различной формы. Наиболее широко распространены закидные невода. В них рыба не запутывается и не объячеивается, а остается перед полотном, постепенно скатываясь в мотню. Оптимальным размером считается невод длиной не менее 30 % периметра водоема.

Закидной равнокрылый невод (рис. 10.4) состоит из двух одинаковых крыльев, двух приводов и мотни. Крылья предназначены для охвата облавливаемого участка акватории и представляют собой самую длинную часть невода. В начале лова неводом она не стремится выйти из обметанного пространства, но по мере притонения пытается уйти из невода. Этому препятствует остающаяся в воде часть крыла.

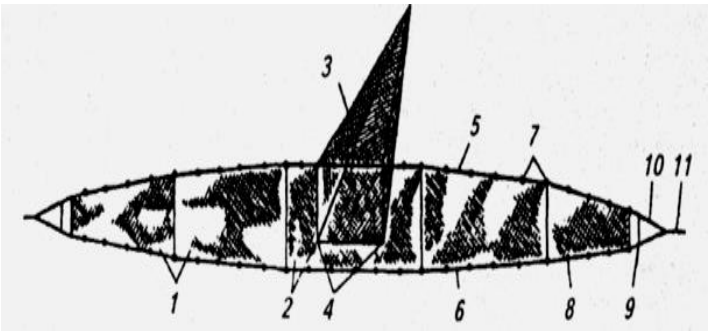


Рис. 10.4. Схема равнокрылого закидного невода:
1 – крыло; *2* – привод; *3* – мотня; *4* – выходное отверстие (рубашка) мотни; *5* – верхняя подбора; *6* – нижняя подбора; *7* – поплавки; *8* – грузила; *9* – кляч; *10* – уздечка; *11* – урез

Приводы служат для направления рыбы в мотню.

Третья группа представлена ловушками, или стационарными орудиями лова, используемыми для вылова производителей рыб из прудов

после нереста, а также облова рыбы в закоряженных и заросших макрофитами водоемах. Стационарные орудия лова очень разнообразны. Устройство позволяет рыбе легко войти в ловушку, но затрудняет выход. Стационарные орудия лова (ставные невода, котцы, запирающие устройства) изготовляют из сетей, прутьев, металлической сетки. Наиболее широко распространены сетные ловушки (вентери).

10.4. Грузовые и транспортировочные средства

Живую рыбу, икру и сперму перевозят автомашинами, железнодорожным, водным и авиационным транспортом. В качестве транспортной тары используют как открытые, так и закрытые герметические емкости. К емкостям открытого типа относят автоцистерны, съемные контейнеры, чаны, деревянные ящики, специальные суда и вагоны, ванны и изотермические контейнеры, к закрытым – полиэтиленовые пакеты, бидоны с плотной крышкой и др.

Автоцистерна АЦПТ-2,8/53А представляет собой изотермическую емкость, установленную на автомашине ГАЗ-53А. Она предназначена для перевозки до 1 200 кг рыбы. В передней части автоцистерны имеется емкость для 100 кг льда. Цистерна имеет два люка, закрывающиеся крышками герметично. Заполняют емкость вакуумным насосом. Выгружают рыбу через отверстие в задней части цистерны, к которой крепится сливной переносной рукав. Цистерна оборудована системой жизнеобеспечения, представляющей собой компрессор, работающий от коробки отбора мощности двигателя автомашины. Воздух подают в цистерну по шлангам с отверстиями, расположенными на дне цистерны. В зимнее время вода в цистерне может подогреваться за счет выхлопных газов автомобиля.

Живую рыбу перевозят автоцистерной на базе водораздатчика ВР-3,0. Ее устанавливают на грузовой автомашине. Объем цистерны составляет 3 $м^3$. Она оборудована компрессором для аэрации воды. Для загрузки рыбы используют лебедку, расположенную в передней части цистерны. Выгружают рыбу через отверстие в нижней части цистерны, к которому присоединяют гибкий шланг.

Живую рыбу перевозят на рыбовозах, установленных на ГАЗ 53, ГАЗ 3307, ГАЗ 33086, «Газель», которые представляют собой цистерну различной вместимости, оборудованную системой жизнеобеспечения (рис. 10.5).



Рис. 10.5. Перевозка живой рыбы на ГАЗ 3307

На живорыбный прицеп фирмы Koegel под седельный тягач устанавливают 12 стеклопластиковых термоизолированных контейнеров вместимостью по 2 м^3. Контейнеры имеют два люка для погрузки-выгрузки рыбы и сливные трубы. Прицеп оборудован двумя сосудами для жидкого кислорода вместимостью 185 л каждый. Из сосудов жидкий кислород поступает в испаритель, откуда в газообразном состоянии через редуктор и регуляторы расхода (ротаметры) подается в контейнеры. В качестве распылителей кислорода используются перфорированные резиновые армированные шланги. На прицепе установлены также два винтовых компрессора с приводом от собственных дизельных двигателей. Подача воздуха в контейнеры осуществляется по воздушной магистрали, не связанной с кислородной системой. Регулировка расхода воздуха в контейнерах осуществляется с помощью шаровых кранов. Распыление воздуха происходит через перфорированные металлические трубки. Для аэрации воды на стоянке на прицепе имеется третий винтовой компрессор с приводом от электродвигателя. Для регулирования температуры на прицепе установлена система кондиционирования воздуха, способная летом охлаждать воздух под тентом, а зимой подогревать его. Зимой теплый воздух забирается из-под тента, а при прохождении через воду отдает ей свое тепло. За счет этого даже в сильные морозы температура воды в контейнерах не опускается ниже 1–3 ºС. Платформу с установленными контейнерами закрывают плотным тентом. Летом воздух под тентом имеет температуру ниже температуры воздуха окружающей среды на 10–15 ºС (рис. 10.6).



Рис. 10.6. Живорыбные прицепы фирмы Koegel

Эффективность использования того или иного вида транспортного средства для перевозки живой рыбы определяется на основании технико-экономических показателей (технической характеристики транспорта, себестоимости продукции, капиталовложений и т. д.) при сравнении вариантов использования техники.

10.5. Организация технического обслуживания и эксплуатации технических средств рыбоводных хозяйств

В процессе эксплуатации машины, механизмы и устройства подвергаются различным внешним (эксплуатационным) и внутренним воздействиям, в результате чего изменяется их техническое состояние, снижается производительность. К внешним факторам, влияющим на надежность машин, механизмов и устройств, относятся климатические условия, уровень технического обслуживания, ремонта и квалификация обслуживающего персонала. Климатические условия характеризуются температурой, влажностью, запыленностью воздуха и др. Высокая влажность воздуха ускоряет коррозионные процессы. Значительная запыленность воздуха увеличивает опасность проникновения абразивных частиц в цилиндры двигателя, что может увеличить скорость изнашивания деталей. Важный путь обеспечения работоспособности – правильное использование машин и механизмов в процессе работы. При длительном хранении от коррозии, структурных превращений и остаточной деформации от собственной массы машин и механизмов качество материала их деталей изменяется. Под действием атмосферных осадков, перепадов температур, солнечного излучения материалы стареют. У полимерных и резинотекстильных материалов снижается эластичность, уменьшается сопротивление на удар, сжатие на изгиб, повышается твердость. Вредное воздействие на машины оказывают длительные статические нагрузки (деформация рам, платформ

и т. д.). Статические нагрузки испытывают также различные пружинные механизмы.

К внутренним факторам, вызывающим изменение исходных характеристик машин и механизмов, относят несовершенство конструкции машин и устройств (физико-механические свойства материалов, используемых для изготовления деталей), технологии их изготовления или ремонта.

Восстанавливают работоспособность машин и устройств и обеспечивают их нормальное функционирование в ходе технического обслуживания и ремонта. Эффективность данных мероприятий в значительной мере зависит от одного из свойств надежности – ремонтопригодности. Под ремонтопригодностью машин и устройств понимают приспособленность их к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта.

Управление техническим состоянием машин и оборудования заключается в обосновании и назначении видов и периодичности технического обслуживания, видов и методов ремонта, критериев предельного состояния, продолжительности эксплуатации до списания и т. д. Управление техническим состоянием конкретной машины или оборудования включает измерение параметров состояния ее составных частей, сравнение установленных значений с допускаемыми или предельными значениями, выполнение всех установленных работ по техническому обслуживанию и ремонту машины и ее составных частей. Для измерения параметров состояния используют средства технического диагностирования.

Система технического обслуживания и ремонта предусматривает следующие ремонтно-обслуживающие воздействия, с помощью которых обеспечивают техническое состояние машин и механизмов и их работоспособность в течение всего периода эксплуатации:

– техническое обслуживание;

– текущий ремонт;

– капитальный ремонт.

Техническое обслуживание – комплекс работ по поддержанию работоспособности или исправности машин, механизмов, устройств при их использовании, транспортировке и хранении.

Текущий ремонт выполняют для обеспечения или восстановления работоспособности с целью замены и (или) восстановления отдельных частей. Данный вид ремонта – основной способ возобновления работо-

способности машин и механизмов в процессе их эксплуатации. Он предусматривает как плановое, так и неплановое выполнение операций. Содержание и организация текущего ремонта для машин и механизмов круглогодичного и сезонного использования различны. Текущий ремонт машин и оборудования включает контрольно-диагностические, разборочно-очистительные и другие работы и заключается он в замене узлов и агрегатов на новые или отремонтированные.

Капитальный ремонт – вид ремонта, выполняемого для восстановления исправности и полного (или близкого к полному) восстановления ресурса изделия с заменой или восстановлением любых составных частей, в том числе базовых. Капитальный ремонт машин и их составных частей выполняют, как правило, на специализированных предприятиях, оснащенных соответствующим оборудованием, приспособлениями и инструментом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов, А. И. Технические средства механизации рыбоводства: учеб. пособие / А. И. Антонов. – Тюмень: ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2023. – 252 с.

2. Аквакультура в Беларуси: технология ведения рыбоводства / В. В. Кончиц, В. Г. Костоусов, В. Н. Столович [и др.]; науч. ред. В. В. Кончиц. – Минск: Бел. наука, 2005. – 239 с.

3. Алабастер, Дж. Критерии качества воды для пресноводных рыб / Дж. Алабастер, Р. Ллайд. – М.: Пищевая промышленность, 1984. – 384 с.

4. Барулин, Н. В. Аквакультура ценных видов рыб и ресурсосберегающие технологии: учеб.-метод. пособие: в 3 ч. / Н. В. Барулин. – Горки: БГСХА, 2018. – Ч. 1. Форелеводство. – 237 с.

5. Богерук, А. К. Биотехнологии, технические устройства и оборудование для выращивая и переработки рыбы в фермерском хозяйстве / А. К. Богерук, Н. Е. Гепецкий. – М.: Информагротех, 1996. – 58 с.

6. Богерук, А. К. Биотехнология в аквакультуре: теория и практика / А. К. Богерук. – М.: ФГНЦ «Росинформагротех», 2006. – 232 с.

7. Брайнбле, Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы / Я. Брайнбле. – Копенгаген: ФАО, 2010. – 70 с.

8. Брудастова, М. А. Механизация производственных процессов рыбоводных хозяйств / М. А. Брудастова – М.: Агропромиздат, 1988. – 98 с.

9. Власов, В. А. Приусадебное хозяйство. Рыбоводство / В. А. Власов, С. Б. Мустаев. – М.: ЭКСМО-Пресс, 2001. – 240 с.

10. Водозаборно-очистные сооружения и устройства: учеб. пособие / М. Г. Журба, Ю. И. Вдовин, Ж. М. Говорова, И. А. Лушкин; под ред. М. Г. Журбы. – М.: ООО «Изд-во «Астрель», ООО «Изд-во «АС», 2003. – 569 с.

11. Водный кодекс Республики Беларусь: 30 апреля 2014 г. № 149-З: принят Палатой представителей 2 апреля 2014 г.: одобр. Советом Респ. 11 апреля 2014 г.: с изм. от 17 июля 2023 г. № 296-З // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1400149 (дата обращения: 30.07.2026).

12. Блинникова, В. Д. Гидрохимия: учеб.-метод. пособие / В. Д. Блинникова, Н. Л. Багнавец, А. Л. Кауфман. – М.: Изд-во «Проспект», 2021. – 111 с.

13. Козлов, А. И. Пути повышения продуктивности прудовых экосистем: монография / А. И. Козлов. – Горки: БГСХА, 2003. – 204 с.

14. Козлов, В. И. Справочник фермера-рыбовода / В. И. Козлов. – М.: Изд-во ВНИРО, 1998. – 427 с.

15. Константинов, А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов. – М.: Высш. шк., 1986. – 472 с.

16. Лесникова, Е. Г. Технические средства аквакультуры: учеб.-метод. пособие / Е. Г. Лесникова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 21 с.

17. Мамонтов, Ю. П. Аквакультура в пресноводных водоемах России / Ю. П. Мамонтов, А. И. Литвиненко. – Тюмень: ФГУП «Госрыбцентр», 2007. – 35 с.

18. Мамонтов, Ю. П. Тенденции развития аквакультуры / Ю. П. Мамонтов // Рыбовод и рыболов. – 2002. – № 1. – С. 19.

19. Маслова, Н. И. Биологические основы товарного рыбоводства / Н. И. Маслова, Г. Е. Серветник. – М.: ВНИИР, 2003. – 243 с.

20. Мухачев, И. С. Озерное товарное рыбоводство: учебник для студентов высших аграрных учебных заведений / И. С. Мухачев. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2013. – 395 с.

21. Насосы и насосные станции: учебник / В. Ф. Чебаевский, К. П. Вишневский, Н. Н. Накладов [и др.] / под ред. В. Ф. Чебаевского. – М.: Агропромиздат, 1989. – 416 с.

22. Охрана труда в животноводстве: учеб. пособие / М. Ф. Садовский, А. В. Гончаров, И. Е. Масько [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2011. – 352 с.

23. Пономарев, С. В. Аквакультура: учебник / С. В. Пономарев, Ю. М. Баканева, Ю. В. Федоровых. – М.: МОРКНИГА, 2016. – Ч. 1. – 438 с.; – Ч. 2. – 427 с.

24. Привезенцев, Ю. А. Гидрохимия рыбохозяйственных водоемов: учеб.-метод. пособие / Ю. А. Привезенцев. – М., 2008. – 98 с.

25. Привезенцев, Ю. А. Рыбоводство / Ю. А. Привезенцев, В. А. Власов. – М.: Мир, 2004. – 456 с.

26. Прудовое рыбоводство: краткий курс лекций / сост.: И. А. Галатдинова // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 48 с.

27. Решетняк, О. С. Гидрохимия и охрана водных ресурсов: учеб. пособие / О. С. Решетняк, А. М. Никаноров. – Таганрог: Южный федеральный университет, 2018. – 135 с.

28. Рыбоводство: учебник / И. В. Морузи, Н. Н. Моисеев, Е. В. Пищенко [и др.]. – М.: КолосС, 2010. – 295 с.

29. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых и садковых хозяйств Беларуси / В. В. Кончиц [и др.]. – Минск, 2008. – 120 с.

30. Сабодаш, В. М. Рыбоводство / В. М. Сабодаш. – М.: ООО «Изд-во АСТ»; Донецк: «Сталкер», 2005. – 456 с.

31. Сборник научно-технической и методической документации по аквакультуре / под общ. ред. А. М. Багрова. – М.: ВНИИРО, 2001. – 204 с.

32. Серветник, Г. Е. Пути освоения сельскохозяйственных водоемов / Г. Е. Серветник. – М.: ВНИИР, 2004. – 129 с.

33. Смоляков, Б. С. Экологическая гидрохимия: учеб. пособие / Б. С. Смоляков. – Новосибирск, 2013. – 87 с.

34. Стеффенс, В. Индустриальные методы выращивания рыбы; пер. с нем. В. Стеффенс. – М.: Агропромиздат, 1985. – 384 с.

35. СТБ 1018-96 Охрана окружающей среды. Водопотребление и водоотведение в рыбном хозяйстве. – Минск, 1997. – 24 с.

36. СТБ 1943-2009 Вода рыбоводческих прудов. – Минск, 2009. – 10 с.

37. Техника для рыбоводства: справочник / под общ. ред. А. И. Литвиненко. – Тюмень: Госрыбцентр, 2010. – 248 с.

38. Уитон, Ф. Техническое обеспечение аквакультуры; пер. с англ. / Ф. Уитон. – М.: Агропромиздат, 1985. – 528 с.

39. Хрусталев, Е. И. Технические средства аквакультуры. Лососевые хозяйства: учебник для вузов / Е. И. Хрусталев, К. А. Чебан. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2023. – 140 с.

40. Хрусталев, Е. И. Технические средства аквакультуры. Осетровые хозяйства: учебник для вузов / Е. И. Хрусталев, В. Е. Хрисанфов, К. А. Чебан, С. А. Розенталь. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2024. – 180 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ…… 3
1. ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ…… 4
1.1. Цели аквакультуры и ее структура…… 4
1.2. Биологические особенности и хозяйственные качества основных объектов аквакультуры…… 7
1.3. Роль и перспективы развития технических средств аквакультуры…… 10
2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСТАНОВОК С ЗАМКНУТЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ И БАССЕЙНОВЫХ ХОЗЯЙСТВ…… 12
2.1. Особенности конструкций установок с замкнутым водоснабжением различного назначения…… 12
2.2. Живорыбные бассейны…… 14
2.3. Разновидности емкостей для транспортировки рыбы в аквакультуре…… 27
2.4. Особенности технического оснащения бассейнового хозяйства…… 33
3. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ…… 35
3.1. Природные источники, используемые для водоснабжения…… 35
3.2. Общая характеристика источников водоснабжения и требования, предъявляемые к ним…… 37
3.3. Водоподающие и водоспускные системы, применяемые в бассейнах для выращивания рыб…… 42
3.4. Водозаборные сооружения в системах водоснабжения…… 42
4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ВОДОПОДАЧИ…… 50
4.1. Классификация насосов…… 50
4.2. Основные параметры и характеристики насосов…… 52
4.3. Всасывающие, подводящие и напорные трубопроводы…… 58
4.4. Запорная (задвижки) и контрольно-измерительная аппаратура…… 61
4.5. Регулирующие и запасные емкости…… 66
5. ОЧИСТКА ПРИРОДНОЙ И ОБОРОТНОЙ ВОДЫ…… 67
5.1. Основные требования, предъявляемые к качеству воды при культивировании водных организмов…… 67
5.2. Методы очистки природной и оборотной воды…… 71
5.3. Процесс регенерации оборотной воды…… 74
5.4. Оборудование для очистки воды…… 75
5.4.1. Механическая очистка. Отстойники…… 76
5.4.2. Фильтры…… 79
5.5. Биологическая очистка воды…… 85
5.5.1. Оборудование для биологической очистки…… 87
5.5.2. Разновидности загрузки биологического фильтра…… 94
5.6. Методы и оборудование для обеззараживания воды…… 95
5.6.1. Озонирование…… 96
5.6.2. Ультрафиолетовое излучение…… 100
5.7. Оборудование для коррекции температуры…… 101
6. СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ И НАСЫЩЕНИЯ ВОДЫ КИСЛОРОДОМ…… 105
6.1. Газообмен…… 105
6.2. Значение кислорода в жизни водных организмов…… 106
6.3. Расчет потребности в кислороде в зависимости от интенсивности кормления, температуры воды, плотности посадки рыбы и других факторов для различных гидробионтов…… 108

6.4. Аэрация прудов…… 111
6.5. Оборудование для снабжения кислородом и воздухом…… 112
6.5.1. Оксигенаторы…… 113
6.5.2. Аэраторы…… 117
7. УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗДАЧИ КОРМОВ…… 122
7.1. Типы кормушек и корморазда тчиков…… 122
7.2. Автокормушка «Рефлекс»…… 130
7.3. Складирование и хранение кормов, удобрений и лекарственных препаратов 133
8. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СОРТИРОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ РЫБЫ….. 135
8.1. Сортировка (видовое разделение) рыбы в системах аквакультуры…… 135
8.2. Устройства для сортировки рыбы…… 135
8.3. Средства для перевозки икры и спермы…… 139
8.4. Условия транспортировки. Нормы естественной убыли и снулости рыбы при транспортировке…… 141
9. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ…… 143
9.1. Параметры контроля и управления процессом водоподготовки для выращивания рыбы…… 143
9.2. Управление системой инкубации икры рыб, подращивания личинок, выращивания живых кормов…… 145
9.3. Управление системой раздачи кормов…… 149
9.4. Система контроля гидрохимических параметров воды…… 151
9.5. Система контроля и регулирования кислородного режима…… 153
9.6. Система сигнализации. Основное и резервное энергообеспечение систем аквакультуры…… 155
10. СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЫБОВОДСТВЕ…… 159
10.1. Средства механизации по мелиорации прудов…… 159
10.2. Средства механизации по удобрению прудов…… 162
10.3. Средства облова прудов и водоемов…… 163
10.4. Грузовые и транспортировочные средства…… 167
10.5. Организация технического обслуживания и эксплуатации технических средств рыбоводных хозяйств…… 169
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…… 172

Учебное издание

Васильева Наталья Васильевна
Боровиков Алексей Александрович

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АКВАКУЛЬТУРЫ

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. Г. Ковалевская*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Компьютерный набор и верстка *С. Б. Даньковой*

Подписано в печать 31.08.2026. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 8,37.
Тираж 45 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.