

**И.В. Проскуренко**

# **Фермерское рыбоводное хозяйство**

**(пособие для фермера-рыбовода)**

Рыбоводные установки  
Качество воды  
Технология культивирования  
Инженерное оснащение

**Г. Санкт-Петербург  
2000 г.**

УДК 639.001.63

**И. В. Проскуренко**

**Фермерское рыбоводное хозяйство**  
(пособие для фермера-рыбовода)

**Рыбоводные установки**  
**Качество воды**  
**Технология культивирования**  
**Инженерное оснащение**

© Канд. технических наук, доцент, главный специалист института Гирорыбфлот Проскуренко Игорь Васильевич  
189630, С.-Петербург, Колпино-5, а/я 348

Книга издана при поддержке института Гипрорыбфлот  
г. Санкт-Петербург, ул. Малая Морская, 18

Перепечатка и размножения без согласия автора не допускается

***ПРЕДИСЛОВИЕ***

Разведение водных организмов зародилось в Китае 3,5 - 4 тыс. лет тому назад, с тех пор сохранились письменные руководства по этому вопросу. В настоящее время мировая наука и практика обладают обширными знаниями в этой области. Мировая продукция аква- и марикультуры исчисляются миллионами тонн. По данным ФАО за 1995 г, мировая продукция рыб, моллюсков и крабов непрерывно увеличивается. Если в 1984 г. эта продукция составляла 7 млн. т, то уже в 1993 г. - 16 млн. т. Этот объем годовой продукции оценивается суммой 30 млрд. американских долларов. Отрасль создает не только качественные продукты питания, но и является социально значимой, так как создает многочисленные рабочие места.

В СССР, а ныне в России, пресноводная аквакультура существует как культура карпа, форели, осетровых, растительноядных рыб и, в меньшей степени, раков. Морская аквакультура (марикультура) представлена дальневосточными лососями (горбуша, кета, сима и др.), атлантическими лососями, семгой, морской капустой, мидиями, гребешками, устрицами.

В условиях СССР право на существование имели только государственные предприятия. Это обстоятельство определило направление развития советской науки и техники в области аквакультуры и, одновременно, послужило тормозом развития этой отрасли. Мировая практика аквакультуры строится на сочетании государственной и частной науки, крупных государственных и частных предприятиях и множестве мелких производителей - фермеров. Отсутствие мелких производителей в практике аквакультуры СНГ оставляет невостребованными значительные потенциальные возможности получения продукции за счет использования многочисленных мелких водоисточников, береговой полосы морей, озер, рек и водохранилищ.

Реформирование экономики России и других стран СНГ открывает большие возможности в этой области. Так, за 15 лет реформ в Китае душевое потребление рыбы, в том числе и за счет развития фермерского хозяйства, выросло с 4 до 12 кг.

Мелкие частные (чаще семейные) фермы создаются как для внутрисемейного потребления, так и для товарного производства. Существуют и фермы, производящие посадочный материал, декоративную рыбу, рыбу для спортивного рыболовства. Содержание таких ферм требует определенной подготовки по широкому кругу вопросов, связанных с техникой, технологией и экологией. Подготовка в области аквакультуры повышает уровень понимания экологических проблем и формирует бережное отношение к природе.

Наработки прикладной науки в области аква- и марикультуры создали научное обеспечение по ряду объектов культивирования, традиционных для народов СНГ. Для культивирования в фермерских хозяйствах континентальных районов имеются обширные наработки по осетровым, форели, растительноядным рыбам, ракам. Видовой состав объектов культивирования может быть расширен, если хозяйство будет оснащено установками с регулированием температуры. В этом случае возможно культивирование теплолюбивых видов: тилапии, африканского сома, пресноводных или солоноватоводных креветок. Для русского севера традиционными объектами культивирования, охваченными научными изысканиями, являются семга, форель, атлантический лосось. На побережье северных морей наукой достаточно хорошо отработаны технологии культивирования мидий, морской капусты. На побережье Черного и Азовского морей - мидии и устрицы. На побережье дальневосточных морей - лососевые (кета, горбуша, сима), морская капуста, мидии гребешок, устрицы, голотурии. Задуманный объем книги не позволяет изложить весь материал по разработанным наукой технологиям культивирования водных объектов, хотя многие из них могут быть успешно освоены в фермерских хозяйствах.

Настоящая монография обобщает обширный опыт создания рыбоводных установок, накопленный в СССР в годы расцвета прикладной рыбохозяйственной науки, а также опыт разрешения постперестроечных проблем рыбоводной практики. В работе обобщены материалы, разбросанные по многочисленным сборникам научных трудов, монографиям и публикациям центрального института информации по проблемам рыбного хозяйства. Используются также все доступные автору материалы зарубежных фирм (публикации, проспекты, рабочие материалы, полученные автором в процессе совместной работы). В монографии отражен также личный, более чем 20-летний опыт работы автора в области мари- и аквакультуры как специалиста по ак-

ватехнике. Личный опыт включает работу с квалифицированными биологами, разработчиками технологий культивирования рыб, моллюсков, водорослей, крабов и голотурий, опыт конструирования и создания рыбоводного оборудования, а также опыт проектирования и строительства объектов мари- и аквакультуры.

Материал монографии разделен на пять частей, освещающих основные стороны создания и эксплуатации рыбоводного хозяйства.

Часть 1: "Рыбоводные установки" - дает описание основных типов рыбоводных установок от прудов до замкнутых водных систем, оснащенных устройствами для очистки воды и оксигенации ее с помощью технического кислорода. В этом же разделе собрана информация о совместном выращивании рыбы и овощей.

Часть 2: "Качество воды" - дает краткое описание выбора водоисточника для питания рыбоводной установки и проблем, возникающих в процессе эксплуатации рыбоводной установки (температура, кислород, накопление токсичных веществ). В этом разделе приводятся также материалы по влиянию макро- и микроэлементов в воде на рост рыбы.

Часть 3: "Технология культивирования рыбы" - содержит краткое описание современных технологий культивирования форели, проходных лососей, карпа и осетровых рыб.

Часть 4: "Инженерное обеспечение рыбоводного хозяйства" - включает материалы по 11 вопросам инженерного обеспечения. Материал позволяет ориентироваться в многочисленных проблемах выбора рыбоводного оборудования для оснащения рыбоводного хозяйства.

Часть 5: "Собственное рыбоводное хозяйство" - включает описание рыбоводных установок индустриального типа различного назначения.

Объем книги 13 условных печатных листов, рисунков и графиков - 82 шт., таблиц - 45 шт.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся проблемами рыборазведения, заинтересованных в создании собственного рыбоводного фермерского хозяйства. Книга будет также полезна специалистам-рыбоводам, сотрудникам проектных и научно-исследовательских институтов, студентам и аспирантам.

## ***УСТРОЙСТВО РЫБОВОДНОЙ УСТАНОВКИ***

### **ПРУДЫ**

Прудовое рыбоводство относится к экстенсивным видам рыбоводства. Возможности регулирования условий выращивания рыбы в прудах ограничены. На результатах выращивания сильно сказываются погодные условия (перегрев или низкие температуры), резкие колебания концентрации кислорода в воде пруда в зависимости от количества водорослей, ветра, температуры. Следует отметить и неустойчивость прудового хозяйства к таким природным явлениям, как штормовые ветры и наводнения.

К положительным качествам прудового рыбоводства следует отнести возможность применения дешевых кормов, содержащих только растительные компоненты. Это возможно в прудах при разреженном содержании рыбы, когда имеется возможность частично питаться естественным кормом. Немаловажной для фермерского хозяйства является возможность совместного выращивания в прудах птицы (уток, гусей) и рыбы. При совместном выращивании (интегрированное хозяйство) фекалии птиц служат удобрением для развития в воде фито- и зоопланктона, что повышает кормовую базу рыб и, одновременно, кормовую базу птиц. Затраты кормов в интегрированном хозяйстве снижаются для рыб на 25 - 30%, для уток на 20 - 25%.

К отрицательным качествам прудового рыбоводства следует отнести высокую потребность в земельных и водных ресурсах, а также зависимость от погодных условий.

Большинство используемых в рыбоводстве прудов являются искусственными сооружениями двух типов: обвалованные и копанные пруды. Неизменным условием существования пруда яв-

ляется его постоянная подпитка водой от независимого водоисточника. Постоянная подпитка поддерживает неизменный уровень воды в пруду, компенсируя потери влаги за счет испарения и фильтрации.

Строительство прудов ведется по определенным правилам, наработанным тысячелетним опытом их создателей.

**ОБВАЛОВАННЫЕ ПРУДЫ.** При их создании большое значение имеет рельеф местности. Больше всего подходят пологие овраги. Решающее значение имеет проницаемость грунта. Если удерживающие свойства грунта невелики, то он не будет держать воду. Основные элементы пруда приведены на рис. 1 и 2. Если при выборе места для строительства пруда есть полная уверенность в том, что в грунте имеется водоупорный слой, что водоисточник обеспечивает заполнение пруда и его постоянную подпитку, а строительных материалов достаточно, то при строительстве хозспособом следует соблюдать некоторые правила и пропорции, приведенные ниже. Во всех других случаях проектирование и строительство пруда следует поручить специалистам.

**ЛОЖЕ ПРУДА** очищается от растительности, все углубления заполняются грунтом, камни, корни и земля растительного происхождения удаляются, грунт прикатывается для придания ему водоупорных свойств. Если водоупорные свойства грунта невысоки, то возможно использование специальных покрытий: глина, бентонит, химические реагенты, пленки из различных материалов. Глиняный покров выполняется материалом, содержащим не менее 20% глины. Покрывается не только ложе пруда, но и его откосы до предполагаемого уровня воды. Толщина слоя должна быть не менее 30 см для пруда глубиной до 3 м. Каждые 15 - 20 см покрова уплотняются до укладки следующего слоя.

Ложе выполняется с уклоном к плотине, это обеспечивает полное осушение ложа пруда. Уклон ложа может быть выбран в следующих пределах: минимальный 1000:1, оптимальный 1000:3, предельный 1000:6.

**ЯМА У ВОДОСПУСКА.** При облове пруда с выпуском воды, рыба собирается в яме перед водоспуском. Это сохраняет рыбу от излишнего нагревания или охлаждения при облове. Иногда яму облицовывают бетоном, что облегчает облов. Дно ямы делают на 45 - 60 см ниже дна пруда. Площадь ямы принимается от 1 до 10% общей площади пруда.

**БЕРЕГОВЫЕ ОТКОСЫ** выполняются таким образом, чтобы площадь пруда с глубиной менее 1 м была как можно меньше, чтобы избежать укореняющихся водных растений.

**ПЛОТИНА.** Предполагается, что высота плотины фермерского пруда не будет превышать 10 - 12 м. При строительстве таких плотин следует соблюдать ряд правил и пропорций.

Следует изучить грунт в основании плотины. Нельзя строить плотину на илистых заболоченных грунтах, а также на высокопластичных, хорошо набухающих глинах.

Если на водоупорном слое сверху лежит водопроницаемый слой, то плотина должна иметь замок от водоупорного слоя до гребня плотины. Самый простой замок строится из глины водоупорного слоя. По центру вдоль будущей плотины роется траншея до водоупорного слоя и засыпается слоями глины с последующей утрамбовкой. В качестве замка могут быть использованы бетон и сталь.

**ГРЕБЕНЬ ПЛОТИНЫ** чаще всего служит одновременно дорогой для обслуживания пруда, поэтому ширина гребня выбирается с учетом средств обслуживания пруда. Для проезда транспортных средств ширина гребня должна быть не менее 5 м. Рекомендуемые значения ширины гребня зависят от высоты плотины (табл.1).

Таблица 1

| Высота плотины (м) | Ширина гребня (м) |
|--------------------|-------------------|
| до 3               | 2,4               |
| 3 - 4,5            | 3                 |
| 4,5 - 6            | 3,7               |

|         |     |
|---------|-----|
| 6 - 7,5 | 4,3 |
|---------|-----|

БОКОВЫЕ ОТКОСЫ плотины строятся в соответствии с качеством грунта: для неустойчивых грунтов отношение горизонтали к вертикали принимается равным 4:1, для неплотных грунтов - 3:1, для плотных грунтов - 2,5:1.

ВЫСОТА ПЛОТИНЫ (Н) рассчитывается с учетом глубины воды перед плотиной (h), высоты волны (h<sub>в</sub>), высоты надводной части плотины (h<sub>н</sub>), припуска на осадку (h<sub>ос</sub>), припуска на осадку плотины от промерзания (h<sub>пр</sub>):

$$H = h + h_v + h_n + h_{oc} + h_{pr} \quad /1/$$

Высота волны рассчитывается по наибольшей длине открытого водного пространства (L):

$$L = 0,014 \times \sqrt{L} \quad /2/$$

Припуск на надводную часть плотины h<sub>н</sub> зависит от длины пруда (табл.2).

Таблица 2

| Длина пруда (м) | h <sub>н</sub> (м) |
|-----------------|--------------------|
| до 200          | 0,3                |
| 200 - 400       | 0,5                |
| 400 - 800       | 0,6                |

Припуск на осадку плотины для слабых грунтов принимается 10% от высоты, для более прочных грунтов - 5%. Припуск на осадку от промерзания принимается в тех же пределах.

Пример: пруд длиной до 200 м, разгон волны на 100 м, глубина воды перед плотиной 2 м, грунты слабые.

$$H = 2 + 1,014 \times 100 + 0,3 + 0,1 H + 0,1 H.$$

Ответ: H = 3,05 м.

**ЗАЩИТА ОТ ВОЛН.** Часть плотины, принимающая на себя воздействие волн, должна быть защищена от разрушения. Для крепления откоса плотины используется камень, бетонные плиты, дерновка верхней части плотины.

**ВОДОСБРОС.** Плотина должна иметь два водосброса. Рабочий водосброс и ливневый. Через рабочий водосброс обеспечивается нормальный сброс воды, через ливневый - пропускаются воды, превышающие пропускную способность рабочего водосброса. Эти два водосброса могут быть объединены в одном верхнем водосливе, но тогда для спуска пруда потребуется дополнительный нижний водосброс.

Самый распространенный водосброс выполняется в виде стояка и водоотвода (рис. 1 и 2). В стояке устраиваются щитки для регулирования уровня воды. Полный спуск пруда осуществляется при последовательном удалении всех щитков. Такое устройство называется "монахом". Сбрасываются из пруда верхние слои воды.

Горизонтальная отводная труба должна иметь диаметр, обеспечивающий достаточно быстрый сброс воды (не менее 150 - 200 мм). Труба должна быть защищена от поломок и прогибов при осадке грунта, а также должна иметь противодиффузионный замок, предупреждающий просачивание воды между грунтом и стенкой трубы. Защитный футляр и противодиффузионный замок выполняются, как правило, из бетона. Подстилающие трубу слои грунта тщательно утрамбовываются. Используются для этой цели только плотные глиняные грунты.

**ЛИВНЕВЫЙ ВОДОСБРОС** предназначен для пропуска максимального ливневого стока. Отметка этого водосброса выше отметки рабочего водосброса. Выбор отметки определяется аккумуляющей способностью пруда.

Самый простой ливневый водосброс - это дернованный канал трапецевидного сечения. Чтобы в канале не оставались лужи, он должен иметь уклон на входе со стороны пруда не менее 2%, а выходная часть канала должна иметь уклон от пруда.

Пропускная способность канала должна обеспечить сброс от 50 до 100% ливневого стока.

Ливневый канал устраивается в обход плотины и, по возможности, в грунте с ненарушенной структурой. Расчетная глубина потока в канале не должна превышать 0,3 м. Максимальная скорость движения жидкости принимается по соответствующей таблице (табл. 4). Конец сбросного канала располагают значительно ниже плотины и защищают от эрозии. Сам канал тщательно засевают травой и содержат сухим, чтобы растительность могла нормально развиваться. Не исключено применение других способов устройства ливневых каналов.

**УХОД И ЗАЩИТА.** В качестве дополнительных мер по защите дамб и береговой полосы пруда устраивают каменные насыпи, а собственно дамбу засевают травой. Высаживать деревья и кустарники по берегам прудов не рекомендуется, так как растительный мусор с них попадает в воду и создает ряд проблем: закупорку водоспусков, снижение концентрации кислорода в воде в процессе гниения растительных остатков.

На зиму пруд обычно сливают, дают высохнуть и проводят боронование дна с внесением извести для улучшения качества воды. Весной пруд обрабатывают гербицидами, чтобы предотвратить нежелательное развитие растительности. Вопросы удобрения прудов для повышения их урожайности рассматриваются ниже.

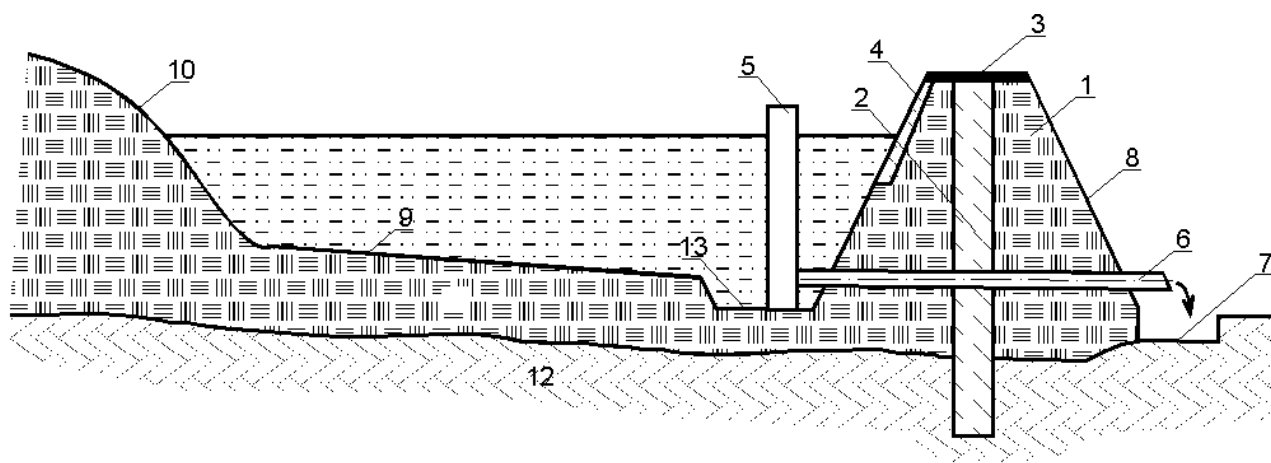


Рис.1. Устройство обвалованного пруда (разрез): 1 - плотина; 2 - замок плотины; 3 - гребень плотины; 4 - защита от волн; 5 - «монах»; 6 - труба водослива; 7 - противозрозийное устройство; 8 - боковые откосы плотины; 9 - ложе пруда; 10 - береговой откос; 11 - проницаемый слой; 12 - водоупорный слой; 13 - яма перед водоспуском.

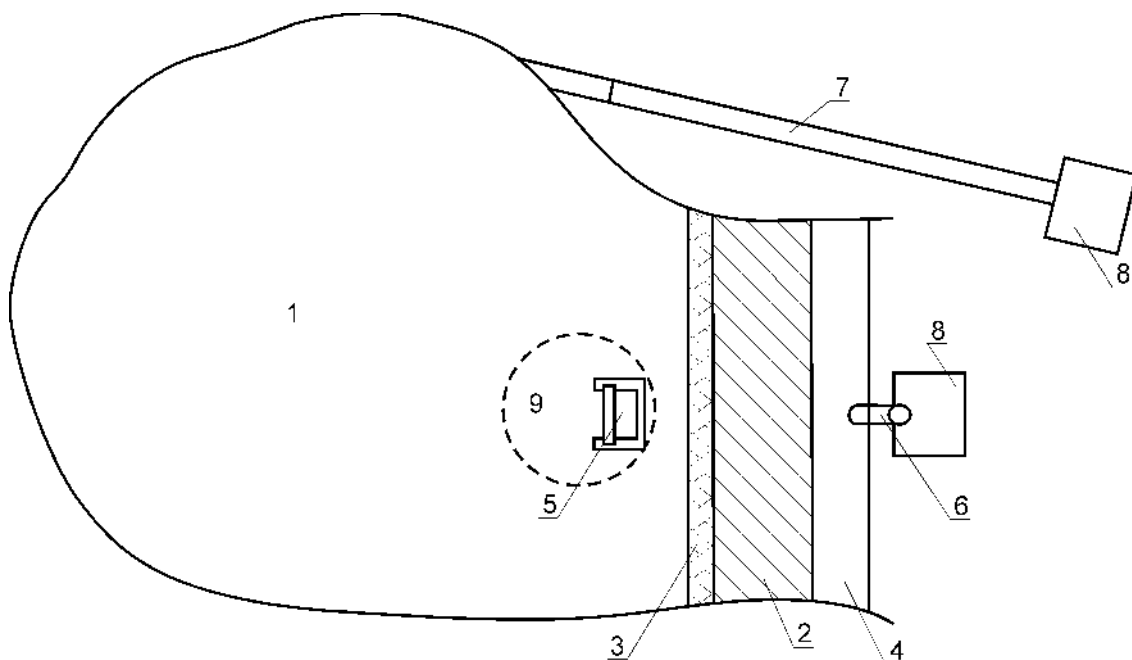


Рис.2. Устройство обвалованного пруда; 1 - зеркало пруда; 2 - гребень плотины; 3 - защита откоса от волн; 4 - боковой откос плотины; 5 - «монах»; 6 - труба водослива; 7 - ливневый канал; 8 - противозерозийное устройство; 9 - яма у водоспуска.

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ.** Для обеспечения прудов водой высокого качества и в достаточном количестве необходимы подходящие источники водоснабжения. Ключи и большие родники, как правило, обеспечивают постоянный расход в течение всего года, тогда как расходы поверхностных источников воды колеблются в зависимости от сезона, количества осадков и других факторов. В местах стока поверхностных вод в пруд, следует выполнять защиту от чрезмерного поступления воды. Ручьи ни в коем случае не должны протекать через пруды, так как это приведет к заилению, затоплению и другим нежелательным последствиям.

Если источником водоснабжения является ручей, то пруд нужно строить по одной из его сторон и отводить из него воду в пруд по мере необходимости. Следует предусмотреть меры защиты от паводков. Отвод воды водоисточников в пруд часто осуществляется по каналам.

**РАСЧЕТ КАНАЛОВ.** Каналы для отвода воды в пруды, а также ливневые каналы строятся на основании знания закономерностей течения воды по каналам. Течение жидкости в открытых каналах происходит под действием сил гравитации, возникающих из-за наклона канала. Свободному течению жидкости в канале препятствуют его стенки, создающие определенное сопротивление из-за неровностей и обрастания. Расчет параметров каналов базируется на формуле Маннинга выведенной в 1890 г.

$$v = 1 / n \times R^{2/3} \times i^{1/2} \quad /3/$$

где  $v$  - скорость потока в м/с;

$n$  - коэффициент шероховатости, зависящий от вида канала, материала стенок и их обрастания (табл. 3);

$R$  - гидравлический радиус или отношение площади живого сечения воды в канале к смоченному периметру (например, для прямоугольного канала шириной  $b$  с глубиной воды  $h$ ,  $R = b \times h / (2 \times h + b)$ , м;

$i$  - уклон канала, определяемый как перепад высоты канала на единицу его длины (например, при перепаде 1 см на 1 м  $i = 0,01$  в относительных единицах).

Большинство открытых каналов, рек, ручьев, дренажных канав, лотков и сточных желобов рассчитываются с применением формулы Маннинга.

При расчете земляных каналов необходимо учитывать ограничения на скорость потока из-за влияния эрозии и выпадающих из воды осадков. Скорости выше допустимых увеличивают риск разрушения канала от эрозии, а низкие скорости ускоряют рост отложений на дне канала. Максимальные скорости движения воды в канале без растительности приведены в табл.4.

Минимальная скорость движения воды рассчитывается по формуле

$$v_{\min} = 0,5 \times \sqrt{R}. \quad /4/$$

### Коэффициенты шероховатости

Таблица 3

| Канал                                                                  | Коэффициент   |
|------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Земляные:                                                              |               |
| прямые с одинаковым сечением                                           | 0,017 - 0,025 |
| извилистые со слабым течением                                          | 0,022 - 0,030 |
| каналы, высеченные в скале, с гладкими стенками, с постоянным сечением | 0,025 - 0,035 |
| Облицованные                                                           |               |
| бетонированные каналы                                                  | 0,012 - 0,018 |
| цементно-бутовая кладка                                                | 0,017 - 0,030 |
| гладкие металлические желоба                                           | 0,011 - 0,015 |
| металлические с рифлением                                              | 0,021 - 0,026 |
| деревянные строганные лотки                                            | 0,010 - 0,015 |
| не строганные деревянные лотки                                         | 0,011 - 0,015 |
| кирпичная кладка на цементном растворе                                 | 0,012 - 0,017 |

Для симметричных трапецевидных каналов (рис. 3) площадь живого сечения воды

$$w_0 = (b + m \times h_0) \times h_0, \quad /5/$$

здесь  $m = \operatorname{ctg} \varphi$  - угол заложения откосов, изменяется от 0,5 до 3, для прямоугольных каналов  $m = 0$ .

Смоченный периметр

$$\Pi_0 = b + 2 \times h_0 \times \sqrt{1 + m^2} \quad /6/$$

Гидравлический радиус

$$R = \frac{w_0}{\Pi_0} = \frac{(b + m \times h_0) \times h_0}{b + 2 \times h_0 \times \sqrt{1 + m^2}}. \quad /7/$$

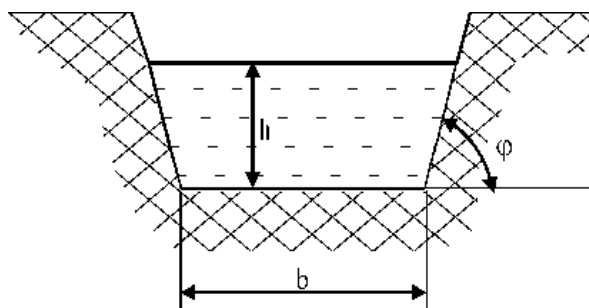


Рис.3. Трапецевидный канал (поперечное сечение).

### Максимально допустимое значение скоростей

Таблица 4

+ при движении жидкости в прямоточном канале

| Материал                                                  | Коэффициент шероховатости | Скорость, м/с |             |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------|---------------|-------------|
|                                                           |                           | чистая вода   | вода с илом |
| Мелкозернистый песок, затянутый коллоидной пленкой        | 0,020                     | 0,46          | 0,76        |
| Супесь, без коллоидной пленки                             | 0,020                     | 0,53          | 0,76        |
| Илистый суглинок                                          | 0,020                     | 0,61          | 0,91        |
| Наносной ил без коллоидной пленки                         | 0,020                     | 0,61          | 1,07        |
| Плотный суглинок                                          | 0,020                     | 0,76          | 1,07        |
| Вулканический пепел                                       | 0,020                     | 0,76          | 1,07        |
| Глина средней плотности со значительным коллоидным слоем  | 0,025                     | 1,14          | 1,52        |
| Наносной ил с коллоидной пленкой                          | 0,025                     | 1,14          | 1,52        |
| Сланец и глинистый конгломерат с песком и гравием         | 0,025                     | 1,83          | 1,83        |
| Мелкий гравий                                             | 0,020                     | 0,76          | 1,52        |
| Булыжник, покрытый суглинком, без коллоидного слоя        | 0,030                     | 1,22          | 1,68        |
| Булыжник, затянутый пленкой, со сплошным коллоидным слоем | 0,030                     | 1,22          | 1,68        |
| Крупный гравий без коллоидного слоя                       | 0,025                     | 1,22          | 1,83        |
| Булыжник и галька                                         | 0,035                     | 1,52          | 1,68        |

При расчете каналов трапециевидного сечения приходится решать три типа задач:

ЗАДАЧА 1 - определение расхода воды по каналу  $Q$ , м<sup>3</sup>/с при заданном уклоне и принятом поперечном сечении канала  $w_0$ .

Пример: канал проложен в суглинистом грунте, имеет уклон равный

$i = 0,0004$ , ширину по дну  $b = 2$  м, глубину воды  $h_0 = 1,2$  м, коэффициент шероховатости  $0,0225$ ,  $m = 1$ .

Решение:

Живое сечение воды

$$w_0 = (2 + 1 \times 1,2) \times 1,2 = 3,84 \text{ м}^2.$$

Смоченный периметр

$$P_0 = 2 + 2 \times 1,2 \times 1 + 1^2 = 5,39 \text{ м}.$$

Скорость потока

$$v = 1 / 0,0225 \times 0,71^{2/3} \times 0,0004^{1/2} = 0,71 \text{ м/с}.$$

Расход воды

$$Q = w_0 \times v = 3,84 \times 0,71 = 2,73 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По таблице 4 допустимая скорость течения  $1,14$  м/с.

Минимальная скорость течения

$$v_{\min} = 0,5 \times 0,71 = 0,42 \text{ м/с}.$$

Заиления и размыва не произойдет.

ЗАДАЧА 2 - определение требуемого уклона канала ( $i = ?$ ) при заданном расходе и геометрических параметрах сечения.

Пример: канал с параметрами  $b = 8$  м,  $h_0 = 1,6$  м,  $Q = 15$  м<sup>3</sup>/с,  $m = 1,5$ ,

$n = 0,014$ . Определить уклон дна канала,

Решение:

$$w_0 = (8 + 1,5 \times 1,6) \times 1,6 = 16,64 \text{ м}^2.$$

$$P_0 = 8 + 2 \times 1,6 \times 1 + 1,5^2 = 13,77 \text{ м.}$$

$$R = 16,64 / 13,77 = 1,21 \text{ м.}$$

$$v = Q / w_0 = 15 / 16,64 = 0,9 \text{ м/с,}$$

Решаем уравнение 3 относительно  $i$

$$i = \frac{v^2 \times n^2}{R^{4/3}} = \frac{0,4^2 \times 0,014^2}{1,21^{4/3}} = 0,000123.$$

**ЗАДАЧА 3** - известны значения  $Q$ ,  $i$ ,  $m$ ,  $n$ . Определить значения размеров живого сечения  $b$  и  $h_0$ . Эта задача имеет два неизвестных  $b$  и  $h_0$ , поэтому она решается подбором  $b$  и  $h_0$  до тех пор, пока не получится требуемый расход.

**КОПАНЫЕ ПРУДЫ.** Такие пруды строят путем извлечения грунта и заполнения ямы водой. Копанные пруды, за исключением тех, что вырыты ниже уровня грунтовых вод, следует облицовывать материалом с низкой проницаемостью (глина, бентонит). Дно прудов, подпитываемых грунтовыми водами или врезаемых в водоносный слой, должно быть из проницаемых материалов.

Копанные пруды имеют ряд недостатков. Они легко затопляются в паводок, спустить их можно только с помощью насоса, что затрудняет облов, очистку дна и удаление нежелательных видов рыб.

Копанные пруды чаще используются для нетоварного производства рыбы и полива огородных культур.

## **ТОВАРНЫЕ ПРУДОВЫЕ ХОЗЯЙСТВА**

Товарные прудовые хозяйства включают в себя несколько прудов различного назначения: водо-снабжающие (головные, согревательные, пруды-отстойники); производственные, используемые для разведения рыбы (маточные, ремонтные, нерестовые, мальковые, выростные, зимовальные, нагульные); санитарно-профилактические (карантинно-изоляционные); подсобные (пруды-садки).

В зависимости от назначения пруда изменяются его размеры от 0,001 до 100 га, глубина пруда у водослива - от 0,5 до 4 м, сроки спуска пруда - от 0,1 до 30 сут, проточность в расчете на 1 га зеркала пруда - от 0,5 до 20 л/с.

Строительство прудов и организация берегового хозяйства (кормосклады, переработка рыбы, ремонтная база и проч.) требуют квалифицированного проектирования и исполнения. Все эти работы поручаются специалистам.

Чтобы превратить мечты о собственном прудовом хозяйстве в реальность нужно начать с выяснения возможности его создания, то есть нужно ответить на ряд вопросов, предваряющих рытье канав и возведение дамб.

1. **ИСТОЧНИК ВОДЫ** - это один из самых основных вопросов. Источник воды должен быть оценен по двум параметрам. По дебиту в течение всего периода года, от заливки до спуска пруда. По качеству воды с точки зрения ее пригодности для разведения выбранного вида рыбы.

2. **ГРУНТЫ.** Необходимо иметь хотя бы приблизительное представление о грунтах и подземных водах в предполагаемом для строительства пруда месте. Необходимо иметь представление о водоупорных свойствах грунта, оползнях, глубине промерзания, наводнениях, высоте подпочвенных вод.

3. **РЕЛЬЕФ.** Правильный выбор месторасположения пруда на рельефе позволит организовать самотечное водоснабжение, убережет от затопления пруда в половодье, снизит затраты на строительство и эксплуатацию.

4. ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ. Необходимо четко представлять правовые аспекты существования пруда, которые решаются в административных органах. Это вопросы водопользования (водопотребление, выпуск воды из пруда в естественные водоемы), санитарная безопасность продукции, выращенной в пруду. Угроза санитарной чистоте продукции может возникнуть при зараженности земли, источников воды, а также от выбросов производственных предприятий.

5. РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ отвечает на ряд вопросов, связанных со спецификой рыбохозяйственной деятельности. В нем описывается вид рыбы, принимаемой для выращивания, указывается источник посадочного материала, темп развития рыбы до получения товара, корма и кормление, способы облова и многое другое.

6. БИЗНЕС-ПЛАН. Для тех, кто решается строить товарное хозяйство, разработка бизнес-плана необходима, так как реализация товарной рыбы требует изучения конъюнктуры рынка, способов реализации, переработки и проч.

Если начинающий фермер-рыбовод не обладает достаточным опытом и квалификацией в рыбоводном деле, то начинать нужно с самого простого и надежного вида хозяйствования - с выращивания рыбы до товарной массы из приобретаемого посадочного материала.

## САДКОВЫЕ ХОЗЯЙСТВА

История садкового хозяйства начинается с корзины из ивовых прутьев, помещенной в водоем и пригруженной камнями. Это сооружение не потеряло актуальности и в наше время. Наличие более прочных и долговечных материалов (сталей, полимерных покрытий, канатов, веревок и сетного полотна из синтетических материалов) позволило не только увеличить размеры садков, но и вывело их из озер и рек на морские просторы. Для того, чтобы садковые сооружения могли противостоять разрушительным действиям штормов, их снабдили автоматическими устройствами, притапливающими садки на недоступные волнам глубины, а кормление рыбы поручили автоматическим кормораздатчикам, вмонтированным в садки.

Создание достаточно крупных садков усложнило в них водообменные процессы, что способствовало образованию дефицита кислорода и повышению концентрации продуктов метаболизма рыб. Чтобы избежать этих неприятных явлений, садки объединили в корпусе судна, представляющего плавучую рыбоводную ферму. Судно оснастили складом корма, кормораздатчиками и всеми прочими атрибутами рыбоводной фермы. В процессе перемещения судна имеет место усиленный водообмен в садках. Кроме того, наличие у судна хода позволяет перемещать садки в район с благоприятными для культивируемых рыб условиями.

Самый простой современный садок представляет собой плавающую раму с прикрепленным к ней сетным мешком. Рама либо крепится к берегу, либо устанавливается на якорях. Соответственно, обслуживание ведется либо с мостков, либо с помощью плавсредств. В СССР была разработана и применяется садковая линия ЛМ-4, предназначенная для выращивания товарной рыбы и рыбопосадочного материала на незамерзающих водоемах-охладителях ГРЭС и АЭС. Общая площадь садков 1056 м<sup>2</sup>, габаритные размеры 17,9 × 14,0 × 1,9 м. Для обслуживания садковой линии разработана линия кормления гранулированным кормом, загрузчики автокормушек, кормосклад.

На основе многочисленных изысканий, проб и ошибок, а также с учетом мирового опыта строительства садков, Российская компания "Садко-Шельф" выпускает в настоящее время для целей рыборазведения подводные садки двух модификаций - "Садко-500" и "Садко-1200". Здесь 500 и 1200 - объем садка в куб.м. Особенностью садков типа "Садко" является их "подводное рабочее положение", которое предохраняет конструкцию от разрушительного воздействия штормов, дрейфующего льда, мусора. При этом рыба выводится из зоны неблагоприятных температур и волнового воздействия, которое вызывает стресс и явление "укачивания".

Садки типа "Садко" устанавливаются на глубинах не менее 25 м, при допустимой высоте волны на плаву - 2 м, в подводном положении 15 м, при ветре 16 - 32 м/с, течении 0,3 - 1,2 м/с. Автономность по корму от 4 до 28 сут.

**ВЫБОР ВОДОЕМА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ САДКОВ.** Фермер, облюбовавший водоем для размещения садков, должен иметь как можно более полную характеристику водоема по данным рыбохозяйственных организаций, метеостанции, гидрохимических анализов воды, измерений и опросов по следующему перечню:

1. Общая характеристика водоема:
  - тип водоема (озеро, река, водохранилище, пруд, карьер и т.д.);
  - кто и с какой целью эксплуатирует водоем;
  - антропогенное воздействие на водоем (пляжи, бытовые и промышленные стоки, рыбозаведение и т.д.);
  - наличие дорог, посещаемость водоема, возможность охраны садков.
2. Характеристика климата: направление и сила ветра, температура воды в течение года; ледостав и ледоход.
3. Характеристика водоема: глубина; площадь; объем воды; водообмен; высота волны, изменение уровня; характер грунта; рельеф дна; распределение глубин.
4. Гидрохимическая характеристика водоема по показателям, отражающим требования к качеству воды для культивируемого вида рыбы.
5. Токсикологическое состояние водоема.
6. Естественная кормовая база; наличие хищников и вредителей (ондатра, выдра, норка); растительность; рыбоядные птицы; рыбное население водоема.

Анализ собранной информации позволит принять решение о создании садкового хозяйства, выбрать вид культивируемой рыбы и специализацию хозяйства. В том случае, когда создается товарное садковое хозяйство, оценка пригодности водоема, выбор типа садков, выбор вида рыбы и специализация хозяйства должны быть поручены специалистам.

Предварительную оценку потенциальной производительности водоема или его части можно осуществить по нормам допустимого загрязнения, возникающего в результате садкового выращивания рыбы. Поскольку эксплуатация садков ведет к загрязнению водоема, важен вопрос о допустимой нагрузке на водоем. Целесообразный уровень нагрузки для форели и карпа 0,1 - 0,5 т/га. Ограничения в первую очередь распространяются на закрытые акватории, где могут возникать заморные явления. Ограничения не распространяются на растительноядных рыб, поскольку при их выращивании не применяются комбикорма. В проточных водоемах выращивание карпа предпочтительно при скорости течения 0,03 - 0,1 м/с, форели - 0,03 - 0,2 м/с.

Для выращивания карпа и растительноядных рыб глубина садка выбирается равной 2 - 3 м, для форели - 5 - 6 м. Расстояние между дном садка и водоема не должно быть менее 1,0 - 1,5 м.

Наибольшие проблемы для мелких производителей будут представлять охрана садков и устойчивость садков при сильных ветрах и волнениях.

Садок, совместно с удерживающими его тросами и якорями представляет собой достаточно гибкую систему, испытывающую на себе усилия волн и течения. Разрушительной силе волн и течения противостоит удерживающая сила якорей, прочность тросов и плавучесть садка, удерживающая его от затопления. Оптимальным считается такое поведение гибкой системы в шторм, когда якоря остаются на месте, а верхняя часть сооружения вместе с емкостями, обеспечивающими плавучесть, притапливается. По установлении нормальной погоды гибкая система восстанавливает свое прежнее положение. Чрезмерная плавучесть системы может привести в шторм к отрыву якорей. Якоря для таких сооружений выбираются в зависимости от донного грунта и ожидаемых нагрузок. Используются гравитационные (пирамидальные, плитные, набросные) якоря, колоколовидные якоря, свайные анкеры и лаповые якоря. Не следует забывать и о том, что в процессе эксплуатации на канатах, конструкциях и сетных ограждениях могут появиться обрастания, изменяющие сопротивление всей конструкции в воде.

## РЫБОВОДНЫЕ БАССЕЙНЫ

Рыбоводный бассейн по сравнению с прудом отличается материалом изготовления и разнообразием форм. Именно строительство бассейнов для различных рыбоводных целей дало толчок к разработке новых технологий культивирования.

**ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К БАССЕЙНАМ.** Внутренняя поверхность бассейна не должна выделять в воду токсичные для культивируемых объектов вещества и должна быть достаточно гладкой, чтобы не поранить рыбу. Бассейн должен самоочищаться в процессе эксплуатации и не должен способствовать внедрению болезнетворных бактерий. Бассейн должен быть доступен для чистки и стерилизации.

Форма, габариты, проточность, способ регулирования уровня воды, отловные приспособления должны соответствовать назначению бассейна. Корпус бассейна должен удерживать воду и быть достаточно прочным.

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

**БЕТОН** - широко распространенный материал для изготовления рыбоводных бассейнов. Бетон прекрасно работает с водой, прочность бетонного камня в воде возрастает. При изготовлении бетонных бассейнов следует соблюдать ряд правил:

- использовать цементы, предназначенные для гидросооружений;
- использовать технологии приготовления и укладки бетона, гарантирующие гладкую поверхность бассейна и водонепроницаемость его стенок;
- если водонепроницаемость бетона не гарантирована, то внутренние поверхности бассейна должны быть покрыты водонепроницаемыми материалами (эпоксидные краски, напыление полимеров) или укрыты водонепроницаемыми покровами (синтетические водонепроницаемые покрытия).

Пример 1. Для строительства рыбоводных бассейнов японскими специалистами разработана технология укладки бетонных смесей в скользящую опалубку из бакелитовой фанеры с использованием вибраторов диаметром 20 мм. Технология позволяет возводить бассейны глубиной 2,5 - 3 м с очень гладкими стенками толщиной не более 100 мм.

Пример 2. В СССР была разработана и применялась технология строительства бассейнов из стеклофибробетона. Сухая смесь цемента и коротких (2 - 3 см) волокон синтетических нитей подается под давлением и затворяется в струе торкретбетонной установки, которая наносит струю бетона на матрицу. Гладкая внутренняя стенка бассейна обращена к матрице. Толщина стенки до 50 мм. По такой технологии изготавливались круглые бассейны с эллиптическим дном объемом до 20 м<sup>3</sup>.

Пример 3. Бетонные бассейны собираются из деталей заводского изготовления с последующим замоноличиванием швов на месте установки бассейна.

Разработку и изготовление достаточно крупных бассейнов из бетона следует поручать только специалистам. Достаточно крупные сооружения из бетона строятся с соблюдением мер, предотвращающих разрыв сооружений от усадки бетона, температурных расширений и проч.

**МЕТАЛЛ.** Металлические бассейны широко применяются в практике рыбоводства. Практически всем требованиям к качеству материала для рыбоводного бассейна отвечают нержавеющие стали, особенно сталь марки 12Х18Н10Т. Серийно из нержавеющей стали в СССР выпускались бассейны для подращивания личинок после инкубационного периода.

Например, бассейн Н15-ИЛ2У-1: площадь бассейна 3,14 - 3,9 кв.м, глубина воды до 0,48 м, габариты 2225 × 2050 × 1030 мм. Бассейны изготавливались в двух вариантах - круглые и квадратные.

По индивидуальным проектам строятся металлические бассейны из нержавеющей стали различных форм, габаритов и объемов.

Стоимость нержавеющей стали на порядок выше стоимости черных металлов, поэтому их применение ограничено. Обычно из нержавеющей стали выполняется корпус бассейна, а ребра жесткости и несущие конструкции выполняют из черной стали.

Металлические бассейны выполняют методом сварки деталей. Если черные стали достаточно качественно свариваются специальными электродами ручной дуговой сваркой, то для сварки нержавеющей стали следует применять электродугую сварку с присадкой металла в среде защитного газа (аргон).

Корпус бассейна может быть выполнен из черной стали с последующим покрытием специальными красками. Перед покраской поверхность металла обрабатывают либо пескоструйным аппаратом, либо ортофосфорной кислотой, затем наносят грунтовые краски и эмали. Пригодны эпоксидные краски и краски, применяемые в пищевой промышленности.

Размеры бассейнов из металла теоретически не ограничены.

**СТЕКЛОПЛАСТИК.** Бассейны из стеклопластика широко распространены практически во всем мире. Небольшие бассейны из стеклопластика объемом до  $4 \text{ м}^3$  изготавливаются на матрицах путем нанесения слоев стеклоткани и эпоксидных смол. Внутренняя поверхность бассейнов окрашивается эпоксидными красками разных цветов. Несущие конструкции бассейна либо вклеиваются в их корпуса, либо изготавливаются отдельно. Более крупные бассейны из стеклопластика ( $4 - 10 \text{ м}^3$ ) выполняются из достаточно крупных деталей, которые соединяются с помощью болтов через мягкие резиновые прокладки. Если детали, из которых собирается бассейн, не имеют достаточной жесткости, то надежность такого бассейна невысока, а предельный объем бассейна ограничивается  $10 \text{ м}^3$ . Повышение надежности и увеличение объема достигается за счет применения деталей, обладающих повышенной жесткостью. Технология изготовления таких деталей разработана в Японии. Детали выполняются двухслойными, коробчатого сечения (рис.4). Внутренняя и наружная стенки склеиваются по периметру, пустота заполняется вспененным наполнителем, который заливается в жидком виде перед склеиванием стенок. По данным 1982 г максимальный объем бассейна, изготовленный из деталей такого рода, равен  $5000 \text{ м}^3$ .

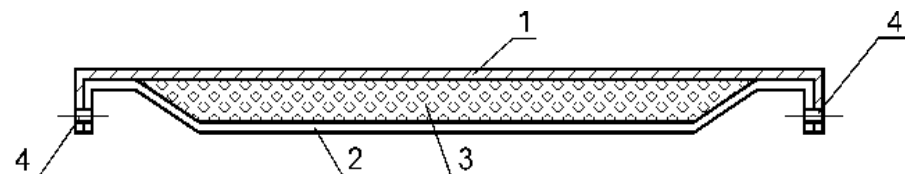


Рис.4. Коробчатая деталь из стеклопластика (сечение): 1 - внутренняя стенка; 2 - наружная стенка; 3 - вспененный наполнитель; 4 - отверстия.

**ГИБКИЕ ПЛЕНКИ.** Современные технологии позволяют изготавливать гибкие прозрачные и непрозрачные пленки с высокой несущей способностью на разрыв. Известен успешный опыт ГДР по созданию бассейнов объемом несколько кубометров с использованием этих пленок. Несущая конструкция для этих бассейнов выполнялась с верхним кольцом, за которое крепится пленка в виде конуса. В узкой нижней части конуса крепится металлическая вставка с патрубком и вентилем для выпуска грязи. Грязь, осевшая на стенках такого бассейна, легко стряхивается от легких ударов по стенке и оседает вниз.

**ПРОЧИЕ МАТЕРИАЛЫ.** В зарубежной практике для строительства бассейнов или их деталей применяются такие полимерные материалы как винипласт и нео-ламбер. Нео-ламбер - это материал из стекловолокна и эпоксидных смол с весьма гладкой поверхностью, выпускаемый производителем в виде досок и брусьев. Незначительный коэффициент расширения при намо-

кании, возможность обработки как дерева ручным инструментом позволяют легко изготавливать из него детали рыбоводных бассейнов.

**ФОРМА БАССЕЙНА.** Многообразие форм рыбоводных бассейнов можно разделить на четыре типа: прямоугольные с плоским дном, прямоугольные с наклонным дном и лотком для смыва грязи, круглые, или квадратные с закругленными углами с практически плоским дном, круглые с конусным дном. Выбор формы бассейна в основном связан с проблемой само очистки бассейна от фекалий и остатков корма. Накопление этих продуктов и их последующий распад загрязняют воду и ухудшают рыбоводные показатели. Хуже всего самоочищаются прямоугольные бассейны с плоским дном. Для того, чтобы происходила само очистка, необходимо иметь гладкое дно бассейна и достаточную скорость течения воды (выше 0,8 м/с). Само очистке способствует высокая плотность посадки рыбы, так как вихревые течения, возникающие при активном перемещении рыбы, препятствуют оседанию грязи. Это относится к достаточно крупной рыбе. При выращивании личинок и мальков процесс самоочищения ослабевает.

Способность к самоочищению прямоугольного бассейна со скошенным дном и лотком для смыва грязи значительно выше, чем у бассейна с плоским дном. В этом бассейне (рис.5) грязь, скатываясь по наклонным стенкам, оседает в лотке и удаляется из бассейна током воды.

Хорошей способностью к самоочищению обладают круглые бассейны с плоским и слегка наклонным дном (10 - 15° к горизонту). Водоподача в круглые бассейны осуществляется по касательной к окружности (рис.6), а выпуск воды располагается в центре бассейна. Перемещение воды по круглому бассейну идет по сжимающейся спирали от бортов к центру, способствуя перемещению частиц грязи к водовыпуску.

При хорошей самоочищаемости круглые бассейны, по сравнению с прямоугольными, требуют для размещения больше площади. В качестве компромисса между двумя этими формами выступают квадратные бассейны с закругленными углами и слегка скошенным дном (рис.7).

Для тех видов рыб, которые способны занимать весь объем воды бассейна по высоте, и кормление которых не связано с дном бассейна, применяются высокие круглые бассейны с конусным дном (рис.8). Соотношение объема воды и площади водной поверхности таких бассейнов более 2 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>. Угол наклона стенок конусного дна около 90°. Такие бассейны хорошо самоочищаются, компактны в размещении, хорошо сохраняют кислород при избыточном насыщении воды техническим кислородом.

**ВОДОВЫПУСКИ БАССЕЙНОВ И РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ.** Водовыпуск бассейна - одно из самых ответственных устройств. Обычно место водовыпуска защищается нержавеющей сеткой. Чем меньше рыба, тем меньше шаг сетки. При подраживании личинок (например, личинок карпа) место водовыпуска приходится защищать фонарем, обтянутым газом - редкой синтетической тканью. Чем меньше шаг сетки, тем больше шансов закупоривания водослива. Причины закупоривания различны. Сетка может обрасти биологическими отложениями, закрыться телами погибшей рыбы или водорослями, попавшими в бассейн из открытых водоемов с током воды. Если в небольших по объему и мелких бассейнах сетка водовыпуска доступна для ручной чистки, то в более глубоких и объемных бассейнах прибегают к механическим средствам очистки или очистке струей воды под давлением.

На рис.9 приведены четыре типа характерных устройств водовыпуска. Для небольших круглых бассейнов и квадратных бассейнов с закругленными углами выпуск воды и регулирование ее уровня осуществляется с помощью шандорного перелива (рис.9а). Уровень регулируется либо с помощью скользящей трубки в шандорном переливе, либо наклоном переливной трубки, проворачивающейся в гибком манжете. При выращивании в таких бассейнах личинок сетку водовыпуска иногда закрывают "фонарем" из газовой ткани на жестком каркасе. Ткань периодически (не реже одного раза в сутки) очищают от накопившейся грязи. Уровень воды в таких бассейнах постепенно поднимается с ростом личинок.

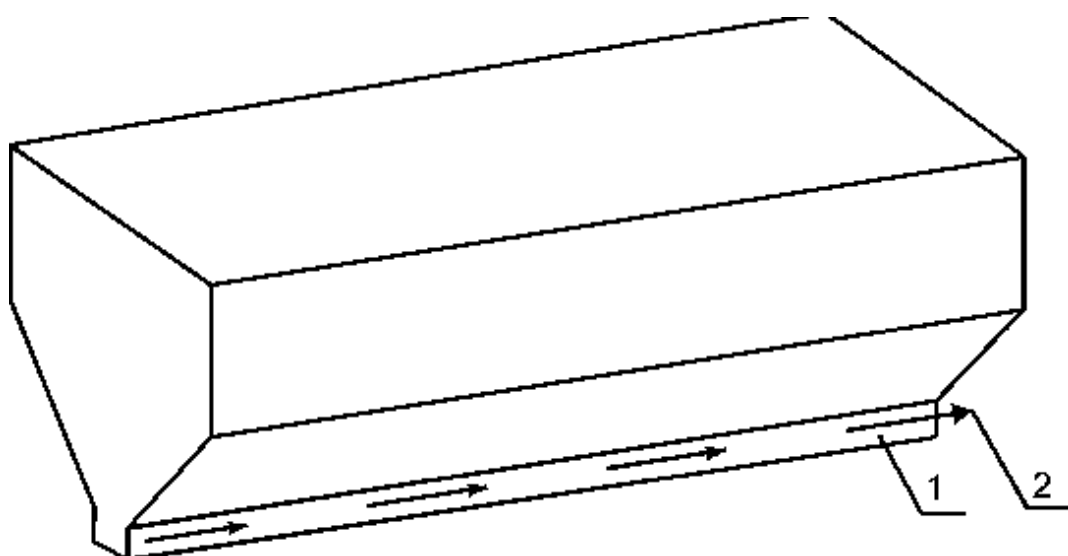
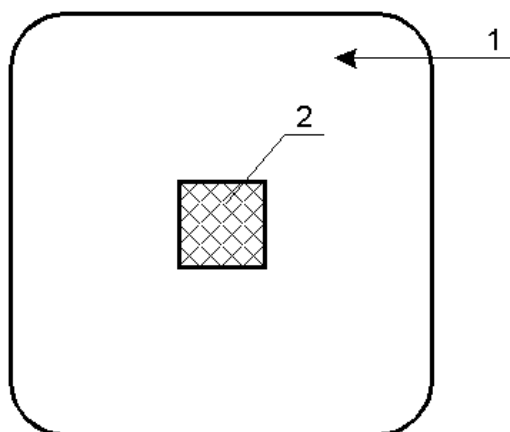


Рис.5. Прямоугольный бассейн со скошенным дном: 1 - лоток для сбора грязи; 2 - выпуск грязи.

ПЛАН



РАЗРЕЗ

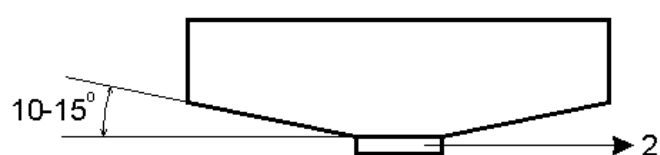


Рис.6. Круглый бассейн с плоским дном: 1 - подача воды; 2 - выпуск воды.

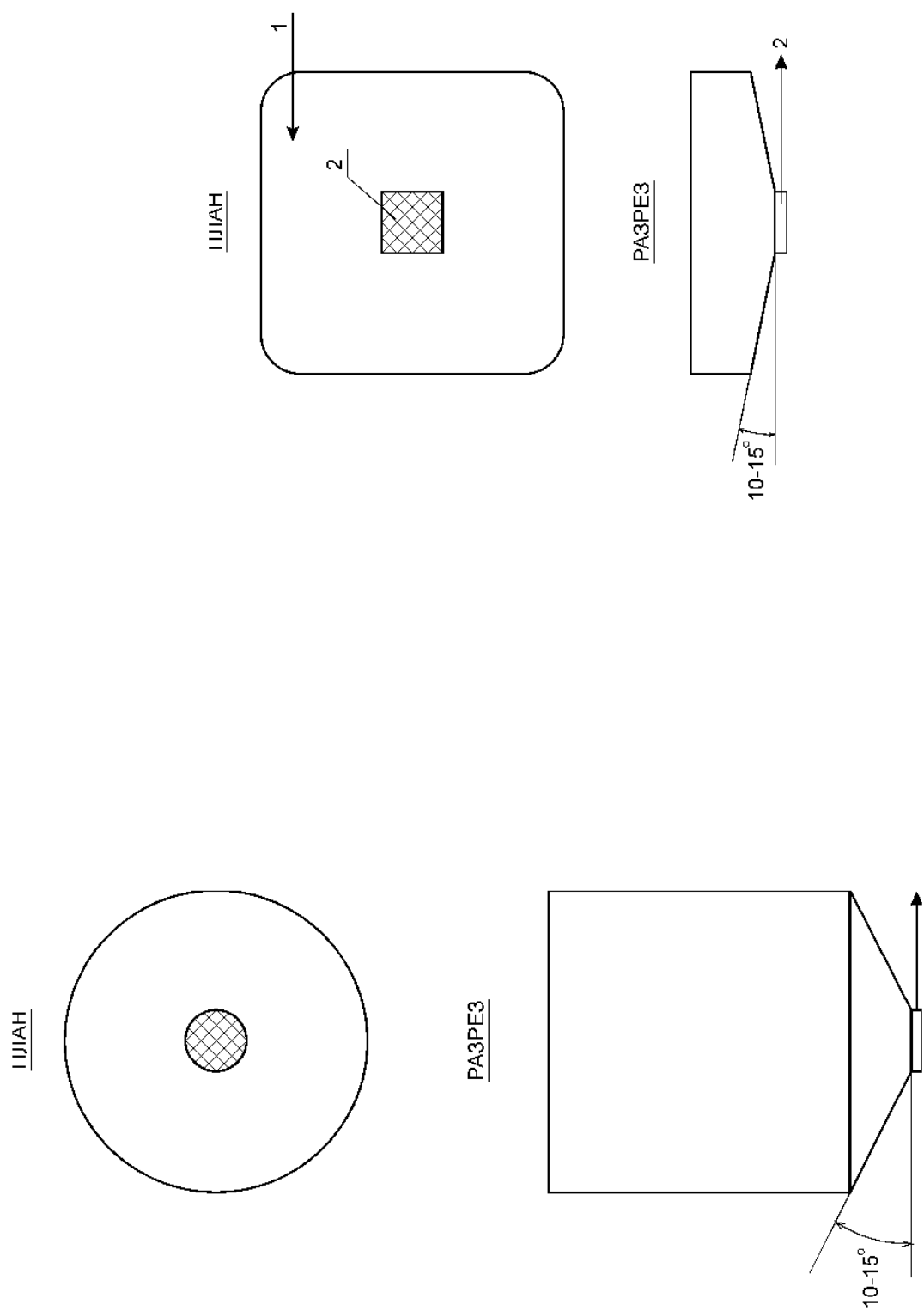


Рис.7. Квадратный бассейн с закругленными углами:  
1 - подача воды; 2 - выпуск воды.

Рис.8. Высокий круглый бассейн с конусным дном.

Один из вариантов выпуска воды (рис.9б) осуществляется за счет уровневой трубки в центре бассейна. В этом варианте неизбежно скопление грязи в центре под трубкой.

Применение переливного устройства по схеме на рис.9в позволяет избежать накапливания грязи, но заставляет мириться с присутствием в бассейне трубопровода слива. Строительные затраты на такой тип водослива меньше.

Слив воды и регулирование уровня возможны и за счет перелива в верхней части бассейна (рис.9г). В этом случае сетка доступна для ручной чистки, а площадь сетки может быть увеличена за счет ее устройства в виде лотка по периметру бассейна. Осевшую в конусном дне грязь периодически сливают через дополнительную сетку.

**УСТАНОВКА БАССЕЙНОВ.** В зависимости от конструкции и материала бассейнов выбирается и способ их установки. Опорой монолитных бетонных бассейнов служит грунт, на который они опираются днищем, а иногда и стенками. Достаточно крупные бетонные и металлические бассейны проектируются и строятся с установкой на опорах, имеющих фундаменты. Небольшие пластиковые и металлические бассейны, предназначенные для инкубационно-личиночных цехов, устанавливаются на полу без специального фундамента, на собственные опоры или на специально изготовленные подставки. Небольшие стеклопластиковые бассейны могут быть прикопаны в сыпучий грунт, что сокращает затраты на несущие конструкции.

В соответствии с масштабом водоснабжения бассейны группируются в блоки, объединенные системами подачи и приема воды.

## **ЗАМКНУТЫЕ РЫБОВОДНЫЕ УСТАНОВКИ**

Применение бассейнов для выращивания рыбы открыло перспективы совершенствования рыбоводной техники. Рыбоводство в бассейнах - это шаг в сторону индустриализации. Бассейны можно установить, не согласуясь с рельефом местности или внести в здание. Корм в бассейны попадает только по воле рыбовода, естественная кормовая база отсутствует. Подача и слив воды организуются и регулируются в соответствии с планом рыбовода. Селекция выращиваемого материала, облов, лечение и прочие технологические операции в бассейнах доступнее, чем в пруду. Плата за пользование бассейнами выразилась в использовании более дорогих кормов, содержащих белок животного происхождения, и в технически более насыщенной системе водоподготовки.

Чтобы получить более высокую отдачу от рыбоводства в бассейнах, плотность посадки рыбы по сравнению с прудом увеличивается. В связи с высокой плотностью посадки рыбы возникают две основные проблемы: первая - снабжения рыбы кислородом для дыхания, вторая - удаления из бассейнов продуктов жизнедеятельности рыб. Обе эти проблемы решаются за счет смены воды в бассейне. В бассейн подается чистая, насыщенная кислородом вода, а выпускается из бассейна вода, обедненная кислородом и загрязненная продуктами жизнедеятельности рыбы.

Проблема создания источника кислорода для дыхания и способа понижения концентрации продуктов жизнедеятельности присуща любой форме аквакультуры и для прудов, и для садков, и для бассейнов. Но решается она различными способами. Проблема насыще воды в прудах и других открытых водоемах решается за счет поглощения кислорода из воздуха и за счет процессов жизнедеятельности водорослей. Для бассейнов эта проблема решается только за счет подачи насыщенной кислородом воды.

Проблема снижения концентрации продуктов жизнедеятельности в открытых водоемах не стоит так остро, как в бассейнах. Эти продукты, растворяясь в большом объеме воды, утилизируются бактериями, превращаясь в нетоксичные вещества. В бассейнах за счет высокой плотности содержания рыбы, продукты жизнедеятельности могут накапливаться до опасных пределов, если они не выносятся с током воды.

Потребность в расходе воды через бассейн по двум лимитирующим факторам может быть рассчитана. Расход воды для обеспечения кислородом рассчитывается по уравнению баланса кислорода в бассейне

$$Q_k \times C_{\text{вх}} - Q_k = q_k \times G_p, \quad /8/$$

здесь  $Q_k$  – расход воды через бассейн, л/с;

$C_{\text{вх}}, C_{\text{вых}}$  – концентрации кислорода в воде на входе в бассейн и на его выходе, мг/л;

$q_k$  – удельное потребление кислорода рыбой, мг  $O_2$ /сек на кг рыбы;

$G_p$  – количество рыбы, содержащейся в бассейне, кг.

Решение относительно расхода воды

$$Q_k = \frac{Q_k \times G_p}{C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}}, \text{ л/с.} \quad /9/$$

Аналогичным образом подсчитывается потребность в протоке для снижения концентрации токсичных продуктов жизнедеятельности до приемлемого уровня

$$Q_m = \frac{Q_m \times G_p}{C_m}, \text{ л/с.} \quad /10/$$

Здесь  $q_m$  – удельное количество токсичного вещества, выделяемого единицей массы рыбы в единицу времени, мг/с на кг рыбы;

$C_m$  – допустимая концентрация токсичного продукта, мг/л.

На практике оказывается, что потребность в расходе воды для обеспечения кислородом всегда больше потребности в расходе воды, необходимом для выноса токсичных продуктов

$$Q_k > Q_m. \quad /11/$$

Это обстоятельство позволило сделать первый шаг в экономии воды за счет насыщения кислородом воды в бассейне путем аэрации. Рыбоводные установки с аэрацией воды нашли широкое практическое применение. Дополнительный источник поступления кислорода в воду бассейна позволяет на порядок снизить расход воды. Технически аэрация выполняется различными способами, описанными в разделе "Инженерное обеспечение".

Стремление к снижению расхода чистой воды определено рядом причин: дефицитом чистой воды, затратами энергии на получение чистой воды, затратами тепловой энергии на подогрев воды.

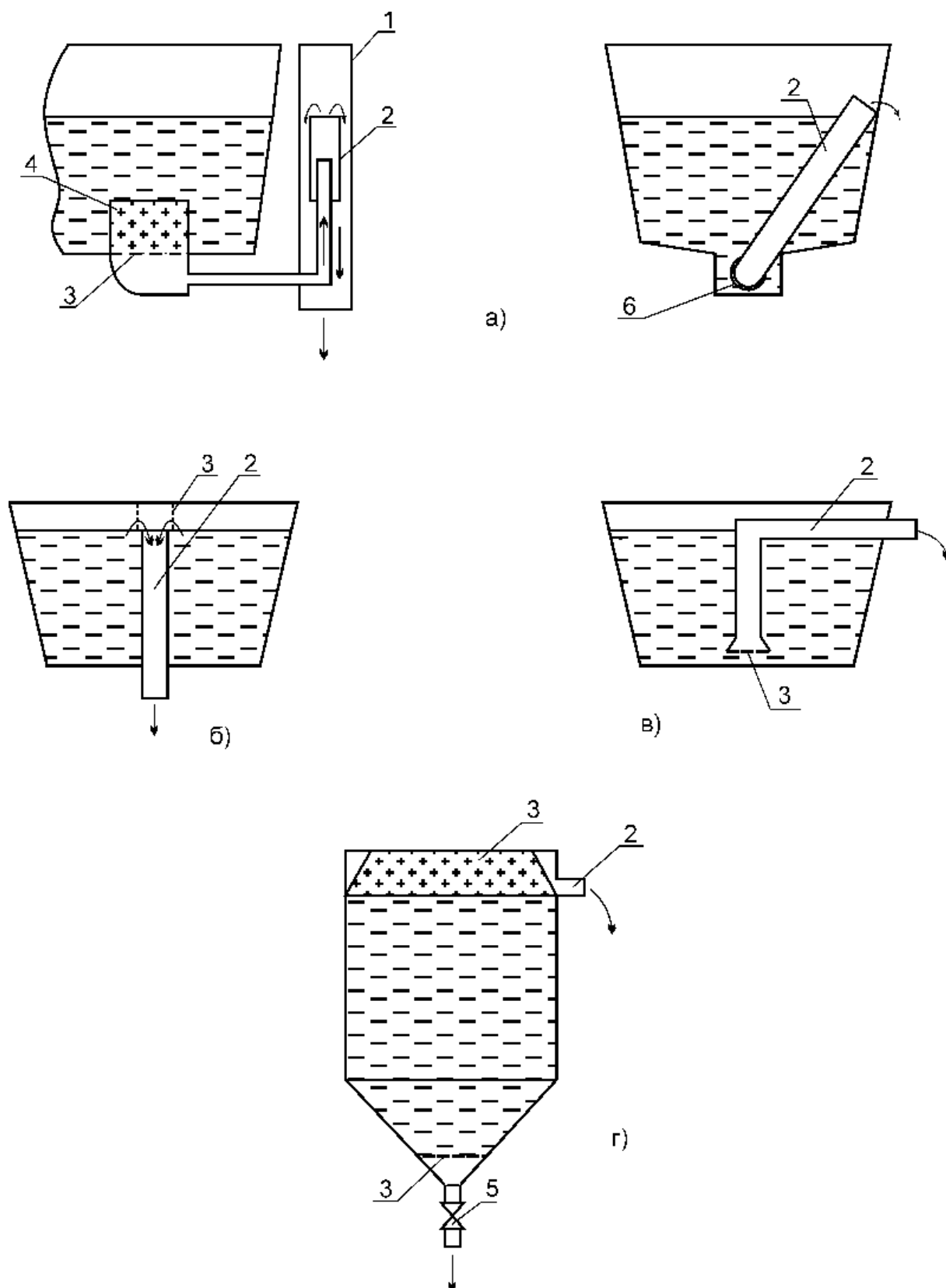


Рис.9. Выпуск воды из бассейнов: а) выпуск с регулированием уровня; б) с переливной трубой в центре бассейна; в) с трубопроводом внутри бассейна; г) с вертикальным выпуском.

Обозначения: 1 - шандорный перелив; 2 - уровневая труба; 3 - защитная сетка; 4 - «фонарь» из газа; 5 - вентиль выпуска грязи; 6 - манжетка.

Один из вариантов решения проблемы насыщения воды кислородом схематически изображен на рис.10. В соответствии со схемой на рис.10 насыщению кислородом подвергается часть воды, сливающейся из бассейна. Насыщенная вода, предварительно смешиваясь с чистой водой, вновь подается на вход в бассейн. Такие установки по праву стали называться замкнутыми. Особенно широкое применение установки такого вида нашли при выращивании форели на артезианских водах. Дефицит артезианской воды, обладающей нужным для форели составом солей и температурой, компенсируется техническими средствами насыщения воды кислородом, как за счет аэрации, так и за счет использования технического кислорода.

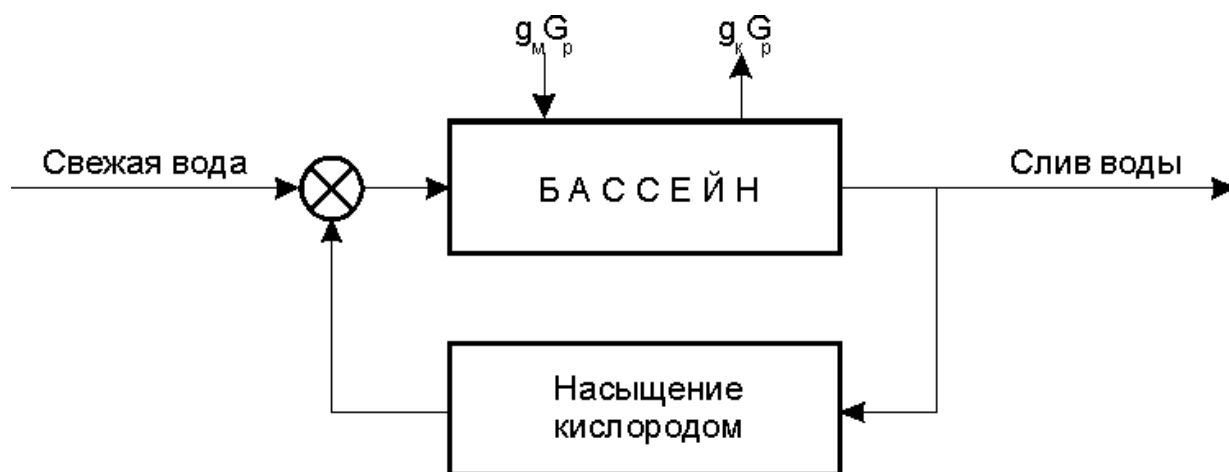


Рис.10. Схема простейшей замкнутой по воде рыбоводной установки.

Эффект, получаемый от использования простейших систем замкнутого водоснабжения, побудил к дальнейшему совершенствованию рыбоводных установок. Путь совершенствования - дальнейшее снижение потребления свежей воды с одновременным снижением расхода энергии на ее подогрев, большая изолированность от влияния климатических факторов на результаты рыбоводства. Так как снижению расхода свежей воды в замкнутой установке, изображенной на рис.10, препятствует второй лимитирующий фактор - возрастающая концентрация токсичных продуктов жизнедеятельности рыбы, то в цепь оборотной воды были включены устройства для очистки воды. Схема рыбоводной установки усложнилась и приняла вид, изображенный на рис.11. Установка включает в себя блок насыщения воды кислородом и очистное сооружение. Степень замыкания, то есть соотношение свежей и оборотной воды, изменяется в зависимости от эффективности очистного сооружения. Для замкнутых рыбоводных установок принято оценивать степень замыкания системы по процентному отношению количества свежей воды, добавляемой за сутки в установку, к объему воды в установке. При самой высокой степени замкнутости это соотношение равно 3 - 5%. Это количество воды компенсирует ее расход при удалении из системы грязи, потери на испарение и протечки воды.

Замкнутые установки используются на всех этапах рыбоводного процесса: содержание производителей, инкубирование икры, подращивание личинок и молоди, выращивание товарной рыбы. Особенную значимость эти установки приобретают в промышленных районах с достаточно суровым климатом. Во-первых, из-за дефицита чистой воды, во-вторых, из-за полной независимости результатов рыбоводства от погодных условий. Так при культивировании карпа в замкнутых рыбоводных установках за период 280 суток получают из икринки товарную рыбу массой 0,5 кг. В прудовых хозяйствах карп достигает массы 0,5 кг после трех лет выращивания.

Возможность регулирования температуры и насыщения ее кислородом в замкнутой рыбоводной установке дает рыбоводам способ управления рыбоводным процессом по времени. На-

пример, получать ранние или поздние нереста, проводить несколько нерестов в год вне зависимости от времени года, ускорять или замедлять рост рыбы, культивировать несколько видов рыб одновременно.

С точки зрения сохранения чистоты природных водоемов замкнутые установки выгодно отличаются от всех других форм рыбоводства. При облове прудов, например, приходится сливать в реки и иные водоемы значительное количество воды, которая несет с собой продукты жизнедеятельности рыб, иногда донный ил и водоросли. При садковом выращивании рыбы всю биологическую нагрузку принимают на себя водоемы, в которых размещены садки. При выращивании рыбы в бассейнах с разомкнутым циклом водообеспечения нагрузки принимает тот водоем, в который сливается отработанная вода.

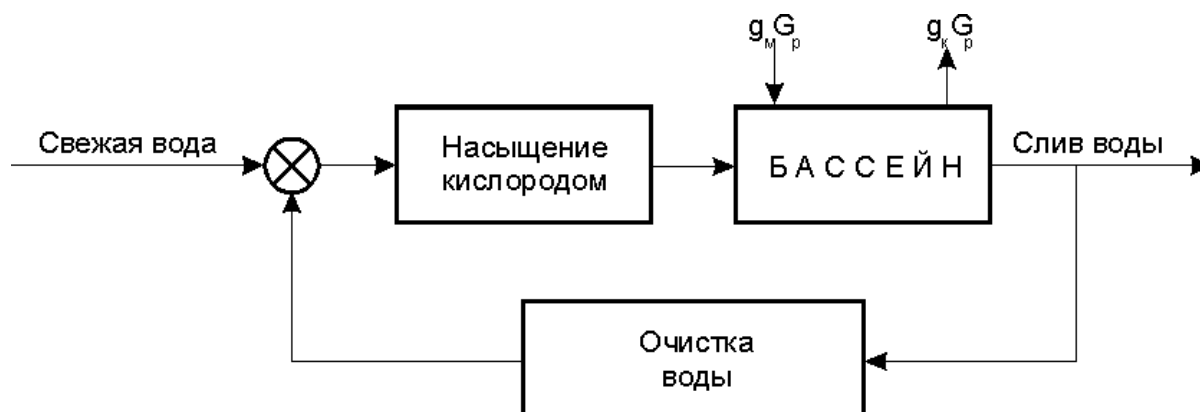


Рис.11. Схема замкнутой рыбоводной установки с очисткой воды.

Если рыбоводное хозяйство работает на водоеме с ограниченной проточностью (озеро, водохранилище), то через несколько лет эксплуатации наступает перегрузка водоема, что выражается в снижении показателей качества воды. В замкнутых по воде рыбоводных установках рыбоводный осадок накапливается и удаляется для последующей утилизации. Осадок представляет собой ценный биологический материал, пригодный для изготовления добавок к рыбным кормам, для использования в качестве удобрения и для получения отопительного метана.

Применение замкнутых рыбоводных установок превратило рыбоводство в одну из отраслей индустрии. Действительно, благополучие и высокие скорости роста рыбы обеспечиваются в этих установках за счет технических средств. Применение технического кислорода дает возможность насыщать воду, подаваемую в бассейны, до 500 - 600% равновесного насыщения, что позволяет содержать рыбу с плотностью 100 кг/м<sup>3</sup> и более. Этим определяется низкая потребность в земле и воде необходимых для создания хозяйства, оснащенного замкнутыми по воде рыбоводными установками, что позволяет размещать производство рыбы в непосредственной близости от больших городов и промышленных центров. По сравнению с прудовыми хозяйствами потребность в земле и воде уменьшается в тысячи раз.

Использование замкнутых систем получило свое первоначальное развитие в США при решении национальной программы восстановления численности естественных популяций форели в северо-западных штатах. Позднее этот опыт был освоен в США для культивирования широкого спектра видов рыб и других водных объектов. Американский опыт был изучен и применен в Западной Европе и СССР. Совершенствование замкнутых систем и методов рыбоводства в них продолжается. В Западной Европе эти установки используются для выращивания угря, осетровых, форели, сомов и тиляпии. В настоящее время производители рыбоводного оборудования в Западной Европе и СНГ предлагают широкий спектр рыбоводных установок различной степени замкнутости. По степени замкнутости их условно можно разделить на две группы: установки с использованием очистных сооружений и без них, Установки с очистными сооруже-

ниями в свою очередь можно разбить на две группы: работающие с использованием сжатого воздуха для насыщения воды кислородом и с использованием технического кислорода.

Установки, работающие на сжатом воздухе "Метц", "Силокс" используют сжатый воздух для аэрации и перекачивания воды одновременно. Использование воздуха ограничивает предельную плотность посадки рыбы до 40 - 50 кг/м<sup>3</sup> в то время как в установках с использованием кислорода в чистом виде плотность достигает 100 - 200 кг/м<sup>3</sup>. Схема циркуляции воды в установках с использованием сжатого воздуха представлена на рис.12

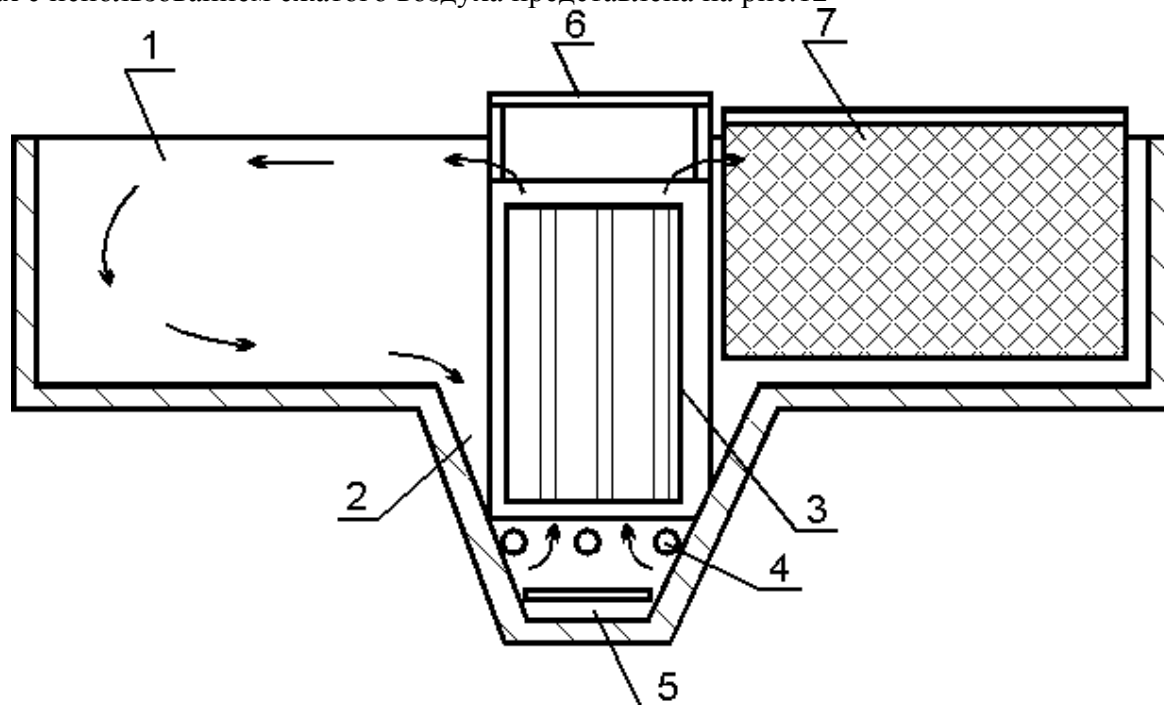


Рис.12. Схема циркулирования воды в рыбководной установке фирмы «Метц»:  
1 - бассейн; 2 - углубление; 3 - пластины субстрата биофильтра; 4 - трубы подачи воздуха; 5 - камера сбора ила; 6 - дорожка обслуживания; 7 - садок.

Основной элемент рыбководной установки фирмы "Метц" представляет собой прямоугольный бассейн 1, в центральной части которого имеется углубление для размещения биофильтра 2. В корпусе биофильтра устанавливается пластинчатый субстрат 3 для оседания биологической пленки, без которой невозможна биологическая очистка воды. Непосредственно под биофильтром размещаются трубы с отверстиями 4 для распыления сжатого воздуха. В самой нижней части корпуса бассейна расположена камера для сбора ила 5. Над биофильтром устраивается дорожка для обслуживания бассейнов 6. Для разделения разновозрастных партий рыб используются садки 7.

Непрерывная циркуляция воды в бассейне осуществляется за счет сжатого воздуха, распыленного в нижней части корпуса биофильтра. Вода, вспененная воздухом, проходит через тело биофильтра, очищается, насыщается кислородом воздуха и изливается в части бассейна, расположенные по обе стороны от биофильтра. Проходя через биофильтр, вода отрывает со стенок пластин частицы биологической пленки (избыточный ил) и подает их в бассейн. Частицы ила, проходя через бассейн с рыбой, оседают в камере 5.

В СССР такой принцип построения замкнутой системы не нашел последователей по двум причинам. Первая - поступление частиц биопленки в бассейн делает воду чрезвычайно мутной. Вторая - в СССР не производились достаточно мощные и экономичные воздушные компрессоры, пригодные для рыбководных целей.

Обобщенная схема замкнутой рыбоводной установки с использованием технического кислорода приведена на рис.13. В замкнутую цепь циркуляции воды последовательно включены бассейн 1, механический фильтр 2, биологический фильтр 3, накопительный бак 4, насосная станция 5 и устройство для насыщения воды техническим кислородом (оксигенатор) 6. Свежая вода подается в накопительный бак 4, стоящий перед оксигенатором и бассейном, избыток воды удаляется из системы с осадком, собирающимся в придонной части механического и биологического фильтров.

Над совершенствованием рыбоводных установок, обобщенных схемой на рис.13, и отдельных элементов установок работали творческие коллективы научных и производственных предприятий СССР: Калининградрыбпром, ЛИСИ г.С.-Петербург, Латрыбпром г.Рига, ВИЗ г.Верхне-Исетск, ЛНПО "Союз" г.Дзержинский и многие другие.

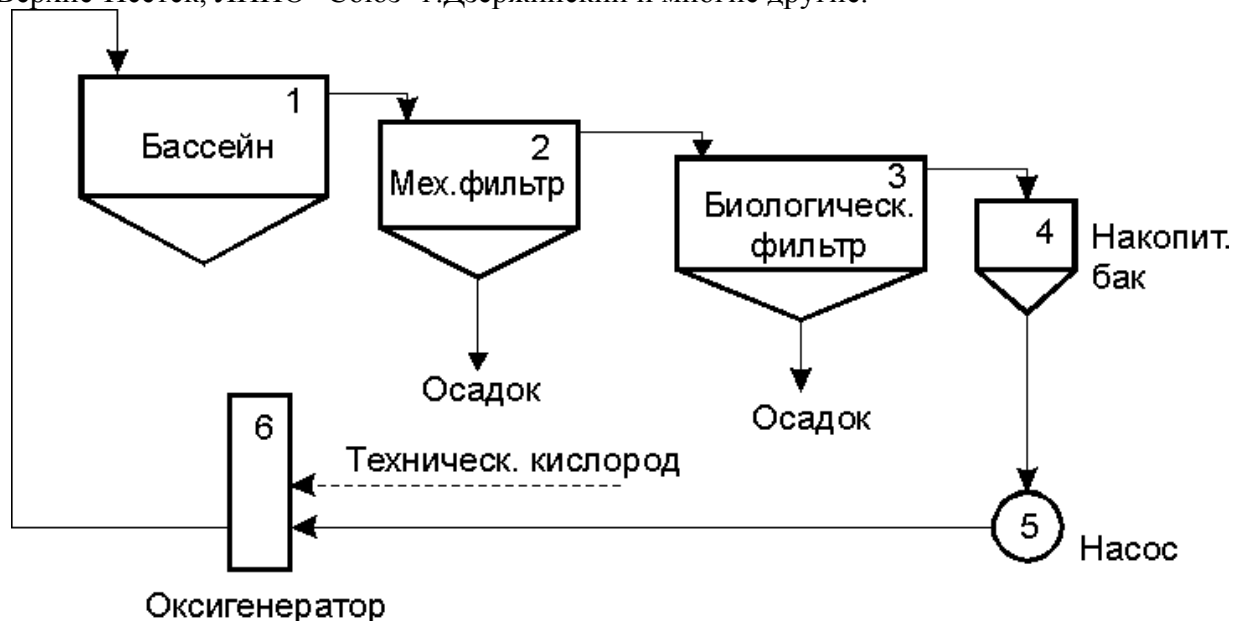


Рис.13. Обобщенная схема замкнутой системы с использованием кислорода.

Замкнутыми рыбоводными установками были оснащены десятки производственных предприятий страны, выращивающие рыбу на своих подсобных предприятиях.

Опыт эксплуатации замкнутых установок в условиях рыночного хозяйства вносит определенные коррективы. Установки переориентируются на выращивание более ценных видов рыб: осетровые, форель. Конструкторские разработки направлены на снижение материало- и энергоемкости установок.

Размер установки определяется по ее годовой производительности рыбы в т/год. В Западной Европе и СНГ оптимальной считается мощность единичной установки около 20 т рыбы в год. Установка с такой производительностью может обслуживаться одной семьей, а реализация рыбы осуществляться через сеть ресторанов, магазинов и частную розничную торговлю.

Увеличение производительности предприятия достигается за счет использования нескольких установок в виде модулей, каждый из которых имеет производительность около 20 т/год. Модульный принцип построения дает рыбоводному предприятию ряд дополнительных преимуществ: возможность ввода в действие и вывода в ремонт оборудования по частям, санитарную изолированность групп рыбы, возможность параллельного культивирования различных видов рыб. Замкнутая рыбоводная установка производительностью 20 т рыбы в год имеет объем воды 200 - 250 м<sup>3</sup> и требует для своего размещения здание около 1500 м<sup>3</sup>. Годовое потребление кормов (при затратах на производство 1 кг рыбы 1,5 кг кормов) составит 30 т. Реализация рыбы в среднем на один рабочий день года составит 80 кг.

Для удовлетворения биологической потребности в живой рыбе семьи из пяти человек по официальным нормам СССР потребуется 100 кг рыбы в год. Замкнутая установка для производства такого количества рыбы разместится в обычной жилой комнате (для размещения требуется 5 - 6 м<sup>2</sup>). Содержание такой установки по обслуживанию и эстетическому восприятию можно приравнять к содержанию аквариума емкостью 1000 - 1500 л.

Замкнутые инкубационно-личиночные установки обеспечивают процессы инкубации икры, развития личинок, переход личинок на внешнее питание, подращивание молоди. На этих этапах развития рыбы закладывается основа будущего роста рыбы. Отклонения качества воды от оптимальных значений определяют отход рыбы, появление уродств или отклонений от нормального развития сказывается на скорости роста рыбы в дальнейшем, на усвоении корма и сроках полового созревания рыбы. В природных условиях гибель части икры, личинок или молоди компенсируется избыточной плодовитостью видов. В искусственных условиях незапланированный отход материала приводит к срыву хозяйственных планов. Получение качественной молоди в условиях регулирования основных параметров воды в замкнутых инкубационно-личиночных установках компенсирует затраты на их создание и эксплуатацию.

К обычным функциям замкнутой товарной установки (регулирование температуры, насыщение воды кислородом и очистка воды) в инкубационно-личиночных установках предусматривается дополнительно дегазация воды с целью избежания газопузырьковой болезни, а также вносятся дополнительные элементы, обеспечивающие переключение и регулирование водоподачи в инкубационные аппараты и бассейны. Инкубационные аппараты и личиночные бассейны подбираются в соответствии с требованиями культивируемого вида.

## **СОВМЕСТНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ РЫБЫ И ОВОЩЕЙ**

Технологическая вода рыбоводных установок загрязняется продуктами жизнедеятельности рыб. Попадая в воду замкнутых рыбоводных установок эти продукты включаются в цепь процессов окисления, разложения и минерализации при участии различных бактерий. Вода, содержащая промежуточные продукты этих процессов, служит прекрасной питательной средой для растений. Растения, поглощая токсичные продукты распада, выполняют функцию природных фильтров. Наилучшим фильтратором является обыкновенный тростник. Благодаря своей губчатой структуре это растение доставляет кислород воздуха к прикорневым участкам, способствуя ускорению хода природных процессов. В хозяйственном отношении тростник также является весьма полезным растением и может быть включен в технологическую цепь с прудовым рыбоводством.

Наибольший интерес в экономическом плане представляет не тростник, а огородные культуры: томаты, огурцы, лук, салат, а также цветы. Эти растения могут выращиваться методами гидропоники на технологической воде рыбоводных установок, которая служит питательным раствором. В некоторых случаях ионный состав технологической воды корректируется внесением небольших доз микроэлементов с тем, чтобы добиться оптимального роста растений. Корректировка состава воды микроэлементами несколько не противоречит задаче выращивания рыбы, так как рыба также нуждается в этих микроэлементах (см. раздел «Качество воды»).

При совмещении технологий выращивания рыбы с гидропонным выращиванием растений используются три способа, нашедшие применение в гидропонике на обычных искусственных питательных растворах.

**ПЕРВЫЙ СПОСОБ ГИДРОПОНИКИ.** Растение выращивается таким образом, что его корни постоянно находятся в жидкости. В классической гидропонике в качестве жидкости используется искусственный питательный раствор, а в случае совмещения гидропонного выращивания с рыбоводством - технологическая вода замкнутой рыбоводной установки. Выращивание растений может осуществляться с использованием водной поверхности пруда или бассейна замкну-

той рыбоводной установки, а также в специальных гидропонных грядках, снабжаемых водой из замкнутой рыбоводной установки. Схема размещения растений при первом способе гидропоники приведена на рис. 14.

Растения высаживаются в субстрат толщиной 8-10 см, который состоит из стружек, опилок, торфяной крошки или инертных материалов: песка, гравия, керамзита, и т.п. Субстрат поддерживается решеткой с ячейей 15 - 20 мм, чаще всего, это сетка из покрытого битумом металла. Субстрат служит для защиты корней от лучей света и поддерживает растения. Для высоких неустойчивых растений требуется жесткий поддерживающий каркас. Между сеткой и жидкостью должна быть воздушная прослойка 5 - 7 см для циркуляции воздуха, приносящего кислород к корням растений. Если гидропонная грядка выполнена глухой, то необходимо позаботиться о поступлении свежего воздуха к корням растений.

При использовании вод рыбоводного пруда гидропонные грядки с растениями размещают на плотках. Размеры гидропонной грядки выбирают, исходя из потребности растений. Гидропонные грядки иногда размещают непосредственно на бассейнах. В любом случае, когда рыба находится в одном резервуаре с растениями, корни растений должны быть защищены от поедания и повреждения рыбой.

Для получения хороших практических результатов при таком методе выращивания необходимы хорошие климатические условия, отвечающие потребностям растений и рыбы одновременно. Это, в первую очередь, достаточно высокие температуры. Нивелирование погодных условий возможно путем внесения установки для выращивания рыбы вместе с гидропонными грядками в теплицы.

Самая простая установка для совместного выращивания рыбы и овощей представляет собой бассейн с рыбой, в верхней части которого размещены гидропонные грядки. В этом случае растения играют роль фильтров, а рыба и бактериальная флора в воде - роль поставщика питательных веществ. Плотность посадки рыбы не должна в этом варианте превышать  $2,5 - 3 \text{ кг/м}^3$ , иначе произойдет перегрузка системы продуктами жизнедеятельности рыбы, что отрицательно скажется на ее росте.

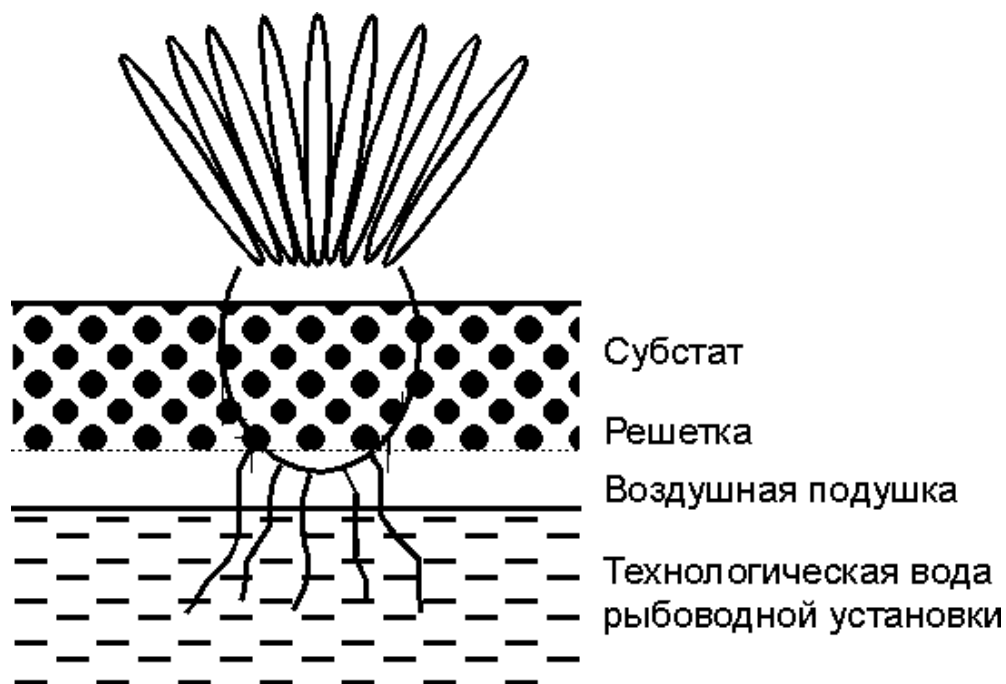


Рис.14. Гидропонное выращивание растений, когда корни постоянно расположены в воде.

Для нормального роста рыбы и растений вода в бассейне аэрируется с помощью компрессора и распылителя воздуха. Гидропонные грядки, установленные на бассейне, должны давать возможность кормить рыбу. Освещенность в бассейне должна обеспечивать потребности рыбы. Если для нормального роста рыбы требуется высокая освещенность, то стенки бассейна должны быть прозрачными, или гидропонные грядки располагаются таким образом, чтобы свет мог проникать в воду сверху.

**ВТОРОЙ СПОСОБ ГИДРОПОНИКИ.** Растения выращиваются в твердом инертном субстрате: песок, мелкий гравий, щебенка, керамзит, полимерные материалы. Субстратом заполняются грядки - лотки, имеющие сливное отверстие. Питательная жидкость периодически заполняет лоток с субстратом и сливается. Растения получают питание из жидкости, оставшейся на субстрате. Периодическое заполнение лотков жидкостью и ее слив обеспечивают выдавливание обедненного кислородом воздуха из субстрата и повторное засасывание чистого воздуха, так обеспечивается поступление кислорода к корням растений.

Субстрат должен быть химически инертным, хорошо удерживать водный раствор и, в то же время, способствовать его стоку. Для достаточной аэрации частицы субстрата должны быть покрыты только тонким слоем жидкости. При плохом дренаже субстрата или слишком частом орошении уменьшается обеспеченность корней кислородом. Идеальным является такой субстрат, который со временем не распадается на мелкие частицы, мешающие дренажу и аэрации, и, главное, не содержит токсических элементов и не обладает чрезмерной кислотностью или щелочностью. К таковым относятся песок и гравий твердых и полутвердых пород: кварц, кварцит, гранит, речная галька и т.п. Содержание известняка не должно превышать 20%. Применяются такие материалы как пемза, лава, коксовый шлак, дробленый кирпич.

Кроме вышеуказанных свойств материал субстрата подбирается по размеру. Песок от 0,8 до 2,5 мм, гравий до 3 - 9 мм.

Субстрат укладывается в лоток ниже верхнего края стенок лотка на 2 - 3 см. Толщина слоя субстрата 20 - 25 см. Если применяют песок, то на дно лотка кладут слой гравия до 5 см, а выше смесь песка различных фракций: 50% песок размером 0,8 - 1,5 мм и 50% - песок до 2,5 мм. Добавка торфа до 50% увеличивает водозадерживающие свойства и буферность субстрата. Для зон с умеренным климатом рекомендуется 2/3 речного песка и 1/3 вермикулита. В чистом виде вермикулит сильно уплотняется, уменьшая высоту слоя субстрата.

Микроводоросли в питательном растворе нежелательны. Если они появляются, это значит, что субстрат содержится слишком влажным и раствор находится выше поверхности субстрата. Чтобы избежать появления микроводорослей следует поднять уровень субстрата.

После сезона выращивания субстрат должен быть очищен от корней, перемешан, просеян, стерилизован химикатами или паром.

Подача питательного раствора определяется видом субстрата и насыщенностью технологической воды питательными веществами. В короткие пасмурные дни частота подачи раствора может сократиться, в жаркие часы суток частота может быть выше. При работе на технологической воде рыбоводных установок через каждые два часа вода заполняет грядки и через 10 мин сливается.

Лотки представляют собой корыта трапециидального сечения шириной 0,9 - 1,2 м, длиной не более 30 м, глубиной 27-30 см. Они устанавливаются на опоры или на грунт с проходами 60 - 80 см. Уклон боковых стенок лотков принимается равным 2 - 3%, дно делается с уклоном 1 - 1,5% в продольном и поперечном разрезах. Уклоны необходимы для быстрого утекания питательного раствора. В днище длинных лотков следует устраивать дренажную канавку, закрытую сеткой, или дренажную трубу с отверстиями, с соблюдением уклонов. Подача и сток питательного раствора должны осуществляться через дренажное устройство.

Применение второго способа гидропоники обеспечивает устойчивые высокие урожаи овощных и других культур. Этот способ применим для получения высоких и ранних урожаев ово-

щей при расположении лотков в летний период вне помещений. Так, в Ленинградской области урожай с 10 м<sup>2</sup> лотка составил: картофеля сорта "Камераз" - 113,3 кг; моркови "Нантская" - 134,9 кг; кабачков и тыквы - 137 - 144 кг, лука на репку - 59,7 кг.

**ТРЕТИЙ СПОСОБ ГИДРОПОНКИ.** К недостаткам второго способа гидропонного выращивания следует отнести относительно большое количество субстрата и необходимость обработки его после сезона сбора урожая, заключающейся в удалении корней и стерилизации. Избежать этого можно путем применения третьего способа выращивания, когда само растение высажено в стаканчик, наполненный субстратом, стаканчик устанавливается на сетке, а под сеткой находится воздушное пространство. Корни растения

висят в воздушном пространстве, а питательный раствор периодически подается в стаканчик и стекает по корням растения в лоток (рис.15).

Стаканчики могут изготавливаться из достаточно плотной пленки, в днище проделываются отверстия для корней, а сам стаканчик заполняется нейтральным материалом на высоту 4 - 9 см в зависимости от вида выращиваемой культуры. Поверхность наполнителя уплотняется взмученным асбестом, что обеспечивает равномерное распределение воды по поверхности наполнителя. Для белокочанной капусты, например, рекомендуется стаканчик диаметром 7 - 9 см, высотой 12 см.

Система подачи питания должна подходить к каждому растению индивидуально. Для этой цели используется система труб и гибких шлангов диаметром 5 - 6 мм.

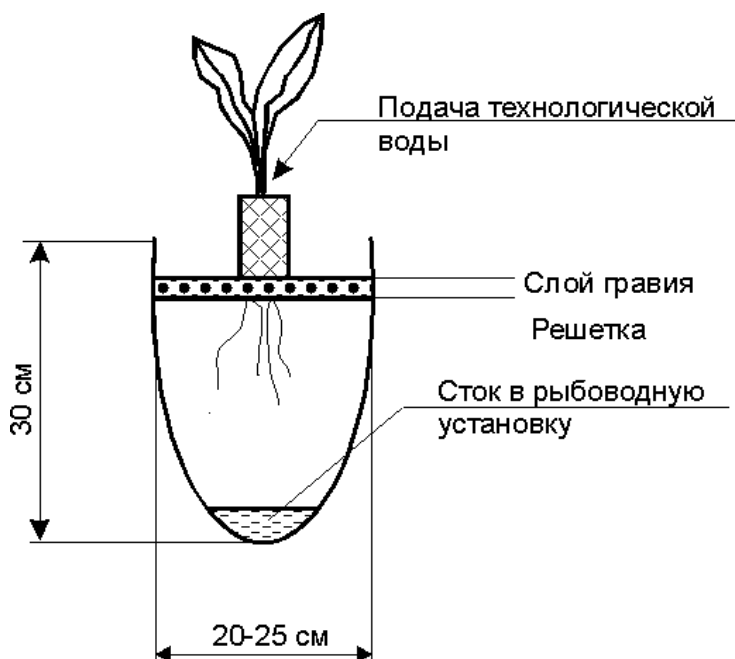


Рис.15. Гидропонный способ выращивания с периодической подачей технологической воды к корням растений.

**ПОДКЛЮЧЕНИЕ ГИДРОПОННЫХ ГРЯДОК К ЗАМКНУТЫМ РЫБОВОДНЫМ УСТАНОВКАМ.** Интеграция гидропоники в замкнутые рыбоводные установки наиболее продуктивна по сравнению с другими рыбоводными установками. Регулирование температуры и использование искусственного освещения расширяет временные границы выращивания растений. Кроме того, высокая плотность содержания рыбы и наличие биофильтра обеспечивают нужный уровень концентрации питательных веществ и их пропорциональное соотношение между собой, что обеспечивает полноценность питания растений.

Гидропонные грядки включают в состав рыбоводной установки либо в качестве дополнительного растительного фильтра (рис.16), либо как основной фильтр замкнутой системы (рис.17).

При любом из двух способов подключения гидропонных грядок вода, поступающая из рыбоводных емкостей, должна быть предварительно очищена механическим фильтром от крупных нерастворенных органических примесей. Попадание последних в субстрат гидропонных грядок вызовет нежелательные процессы окисления и разложения, губительные для растений.

Если гидропонные грядки работают как дополнительный фильтр, то основной фильтр рассчитывается на 100% нагрузки системы рыбой и кормом.

Это позволяет выключать гидропонные грядки полностью, например, в зимнее время с целью экономии электроэнергии на искусственное освещение в северных широтах. Нарушения рыбоводного процесса в этом случае не произойдет. Подключение гидропонных грядок даст эффект очистки только в том случае, когда масса растений значительна. Потребление грядками токсичных продуктов из воды улучшит условия выращивания рыбы.

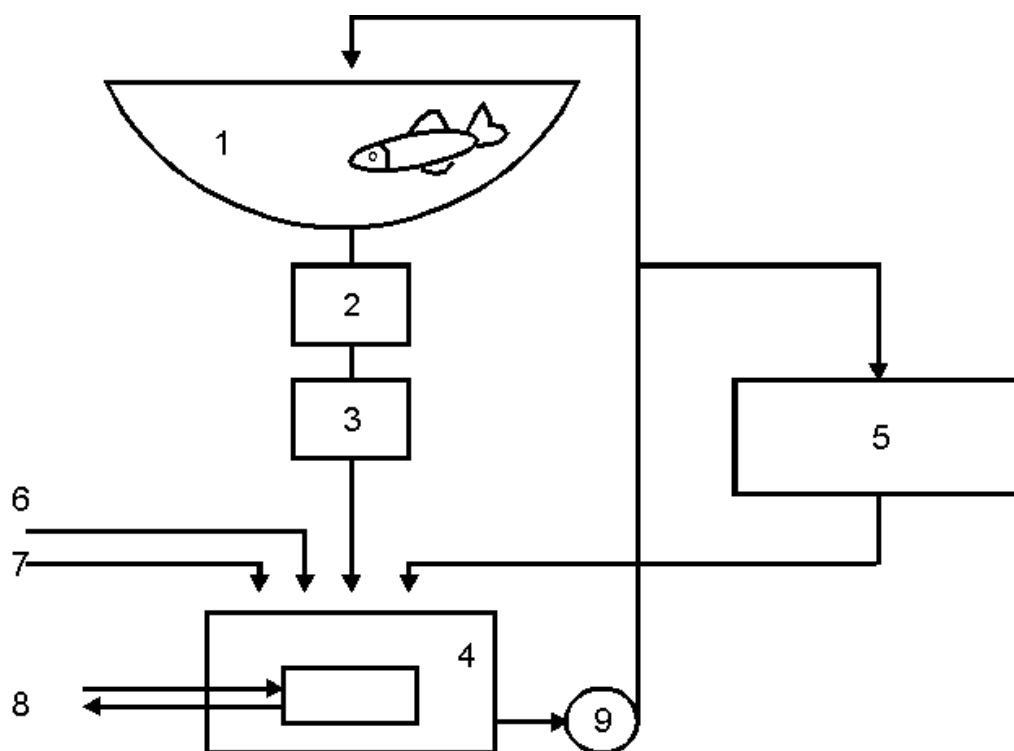


Рис.16. Схема включения гидропонной грядки в качестве дополнительного фильтра: 1 - бассейн с рыбой; 2 - механический фильтр; 3 - биофильтр; 4 - накопительный бак; 5 - гидропонные грядки; 6 - подача свежей воды; 7 - подача корректирующего раствора; 8 - теплообменник; 9 - насос.

При использовании гидропонных грядок, как основного фильтра, полное выключение грядок из системы циркуляции воды или снижение массы растений ухудшает условия содержания рыбы. Вне зависимости от масштаба установки между количеством рыбы и количеством выращиваемых растений существуют определенные соотношения, которые в настоящей работе иллюстрируются тремя примерами.

**ПРИМЕР 1.** Небольшая рыбоводная установка с общим объемом воды 3850 л оснащена механическим и биологическим фильтрами и подключена к гидропонным грядкам по схеме на рис.16. Гидропонные грядки построены по второму способу гидропонного выращивания, описанному выше. В качестве инертного материала использован речной гравий. К установке под-

ключены две грядки  $7,6 \times 1,2 \times 0,75$  м. Рыбоводная установка размещена в помещении, а грядки вне помещения. В рыбоводную емкость объемом 870 л, оснащенную аэратором и кормораздатчиком, 10 мая посажен посадочный материал сомика-кошки в количестве 12 кг при средней штучной массе около 0,1 кг. 27 мая в грядки высадили рассаду томатов высотой 20-25 см. На каждой грядке высаживалось по два ряда растений по 16 растений в ряду.

Рыб кормили форелевым кормом с рационом кормления 2% корма от массы тела рыбы в сутки. Для сбалансированности питания томатов в воду добавляли микроэлементы.

Рыбу выловили 4 октября, томаты окончательно собрали 18 сентября. В среднем по трем одинаковым установкам сбор томатов на одну установку составил 300 кг (по 4,6 кг с каждого куста), наилучший показатель 536 кг. Выход рыбы в среднем 31,5 кг. Соотношение рыбы и растений: масса рыбы в расчете на куст томата составила примерно 0,5 кг, на гидропонную площадь  $1,8 \text{ кг/м}^2$ .

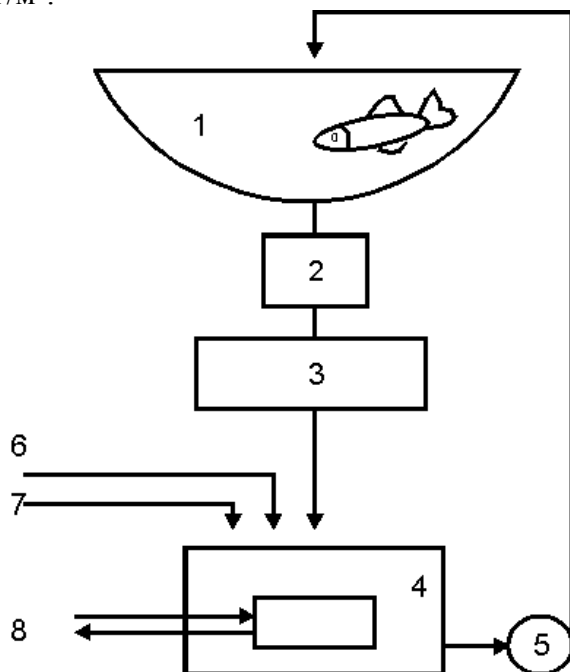


Рис. 17. Схема включения гидропонной установки в качестве основного фильтра: 1 - бассейн; 2 - механический фильтр; 3 - гидропонные грядки; 4 - накопительный бак; 5 - насос; 6 - подача свежей воды; 7 - подача корректирующего раствора; 8 - теплообменник.

Установка размещалась в США штат Иллинойс. Средняя температура воды в рыбоводных емкостях  $23^\circ\text{C}$ , максимальная температура (14 дней в июле)  $25 - 27^\circ\text{C}$ . Оптимальная температура для сомика-кошки  $28 - 30^\circ\text{C}$ .

Меры по затемнению емкостей с водой предупредили появление микроводорослей, конкурирующих по питанию с томатами и снижающими содержание кислорода в воде в ночное время. Качество воды с точки зрения выращивания рыбы было высокое. Потребление свежей воды составило 6,6% от объема воды в системе ежедневно.

**ПРИМЕР 2.** Небольшая рыбоводная установка в США (Virgin Islands) в составе: рыбоводный бассейн диаметром 3,6 м, высотой 0,9 м, биологический фильтр, заполненный крупным гравием 30 - 90 мм из двух металлических бочек по 208 л каждая, два отстойника из таких же бочек и гидропонные грядки над вторым круглым бассейном диаметром 2,4 м, высотой 0,5 м. Грядки выполнены с использованием третьего способа гидропонного выращивания. На грядки насыпался слой гальки размером 1 - 2 см толщина слоя 17 см, куда высаживалась рассада томатов. Вода подводилась индивидуально к каждому растению из расчета 22,5 л/час на каждое расте-

ние. Отток воды собирался в бассейне под гидропонными грядками и возвращался в систему. Циркуляцию воды обеспечивал насос мощностью 0,12 квт. Электроэнергия часто отключалась.

Результаты: выращивали тилapia из посадочного материала массой 62 г до средней массы 521 г. Всего вырастили 63,6 кг рыбы при плотности посадки 9,2 кг рыбы на куб.м воды в бассейне. Продукция томатов 70,5 кг. Качество воды с точки зрения рыбоводства удовлетворительное. Отмечается слабая защищенность воды от света и, как следствие, развитие микроводорослей. Отрицательное действие микроводорослей выразилось в конкуренции по питанию с томатами и в снижении концентрации кислорода в воде бассейна в утренние часы до 45% насыщения. Кроме того, микроводоросли оседали в гравийном слое гидропонных грядок, накапливались и загнивали.

**ПРИМЕР 3.** Предприятие по выращиванию огурцов и африканского сома (*Clarias gariepinus*) совместно. Африканский сом очень теплолюбивая рыба, оптимальная температура выращивания 28 °С. Сом выдерживает высокие концентрации загрязнения, так как дышит атмосферным воздухом. Схема выращивания рыбы и огурцов представляет собой единую биологическую систему. Вода перед бассейнами с рыбой нагревается до 28 °С, из бассейнов вода поступает на биологическую очистку, далее в теплицы площадью 9 тыс.кв.м, далее на подогрев и возвращается в бассейны. Сомов приобретали массой 10 - 15 г и за семь месяцев выращивания получали рыбу массой 1 кг. Годовая производительность по рыбе составила 28 т/год, по огурцам - 1 млн.шт плодов в год. Снижение затрат на тепловую энергию осуществлялось за счет сжигания соломы при нагреве воды перед бассейнами с рыбой.

Выбор сомов, как объекта культивирования, упрощает решение трех задач. Первая - освещенность бассейна делается минимальной, что позволяет избежать развития водорослей. Африканский сом - ночной хищник, поэтому ему не нужна высокая освещенность бассейнов. Вторая - способность сома дышать атмосферным воздухом снижает требования к уровню концентрации кислорода в воде бассейна. Третья - высокая концентрация продуктов жизнедеятельности рыбы повышает эффективность работы очистных сооружений.

**ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕННОСТИ ВОДЫ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОПОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ.** Использование засоленных вод с содержанием соли 2,5 - 3,5 г/л не препятствует нормальному рыбоводному процессу. Такие воды непригодны для орошения почвенных культур из-за накопления соли в почве. Однако, для гидропонного выращивания такие воды пригодны, так как вместо природной почвы используется инертный материал. Урожайность гидропонных культур при использовании засоленных вод снижается на 10 - 25%. Лучшие результаты получаются при постепенном переходе на засоленную воду.

## ***КАЧЕСТВО ВОДЫ***

Роль воды в аквакультуре нельзя недооценивать. Вода не только среда обитания гидробионтов, но и важный источник химических примесей и взвесей, влияющих на их рост и развитие. В этом разделе будут рассмотрены те свойства воды, о которых необходимо знать специалисту. Без ясного понимания роли качества воды нельзя получить высоких производственных показателей. Успех создания предприятия также во многом зависит от правильной оценки качества воды в источнике.

Химическая формула воды общеизвестна. Однако, на практике мы имеем дело не с чистой водой, а с водным раствором химических элементов, содержащим нерастворенные частицы. Соли присутствуют в воде преимущественно в ионном виде. Количество и состав ионов в воде *варьируется* от источника к источнику.

Оценка качества воды производится по результатам гидрохимического анализа. В процессе жизнедеятельности гидробионтов и различных групп бактерий качество воды в рыбоводных системах претерпевает значительные изменения. Состав показателей типового гидрохимического анализа представлен на примере анализа воды трех артезианских скважин разной глубины в районе С.-Петербурга (табл.5).

*Гидрохимическая характеристика воды артезианских скважин*

Таблица 5

| Показатель                    | Размерность          | Глубина 15 м | Глубина 150 м | Глубина 300 м |
|-------------------------------|----------------------|--------------|---------------|---------------|
| K <sup>+</sup>                | мг/л                 | 1,6          | 7,8           |               |
| Na <sup>+</sup>               | мг/л                 | 15           | 245           | 1300 - 1500   |
| Ca <sup>2+</sup>              | мг/л                 | 32,1         | 92            | 110 - 130     |
| Mg <sup>2+</sup>              | мг/л                 | 14           | 37            | 65 - 70       |
| Cl <sup>-</sup>               | мг/л                 | 17,7         | 360           | 2300 - 2500   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | мг/л                 | 53,9         | 10            | 6 - 20        |
| CO <sub>2</sub>               | мг/л                 |              |               | 2 - 3         |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | мг/л                 | 115,9        | 510           | 70 - 100      |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | мг/л                 |              |               |               |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | мг/л                 | 0,7          | 2,38          |               |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | мг/л                 |              |               | 0,01-0,02     |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | мг/л                 |              |               | 1-2           |
| Fe                            | мг/л                 | 7,6          | 9,6           | 1-1,5         |
| pH                            |                      | 7,2          | 7,35          | 6,8-7,3       |
| ХПК                           | мг O <sub>2</sub> /л |              | 98            |               |
| O <sub>2</sub>                | мг/л                 |              |               |               |
| T                             | °C                   |              |               |               |

## СОСТАВ СОЛЕЙ В ВОДЕ

Воду принято делить на пресную и соленую, но это деление весьма условно, так как практически любая вода содержит ионы солей. Соотношение солей в морской (океанической) воде и пресной воде различно (табл.6).

Таблица 6

| Соли      | Океан в % | Пресные воды в % |
|-----------|-----------|------------------|
| Хлориды   | 88,7      | 5,2              |
| Сульфаты  | 10,8      | 9,9              |
| Карбонаты | 0,3       | 60,1             |
| Прочие    | 0,2       | 24,8             |

В 1 кг океанической воды содержится 35 г солей: Cl - 18,3 г, Na - 10,3 г, SO<sub>4</sub> - 2,7 г, Mg - 1,3 г, Ca - 0,4 г, K - 0,4 г, Br - 0,4 г, CO<sub>3</sub> - 0.03 г. Соотношение ионов в морской воде Cl<sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup>.

Соотношение ионов в пресной воде:  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ .

В аквакультуре принято оценивать качество воды по наличию или отсутствию комплекса ионов. Один из важнейших показателей воды - жесткость.

**ЖЕСТКОСТЬ.** Этим понятием пользуются при оценке пресных вод. Первоначально под жесткостью понимали способность воды осаждать мыло. В этом процессе обычно участвуют ионы Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Sr, Zn, H. Для практических целей достаточно оценки жесткости по Ca и Mg. Оценка ведется в мг-экв/л. Различают два вида жесткости: **КАРБОНАТНАЯ** и **НЕКАРБОНАТНАЯ**. Общая жесткость равна сумме карбонатной и некарбонатной жесткости.

$$\text{ОБЩАЯ ЖЕСТКОСТЬ} = \frac{\text{Ca в мг/л}}{20,04} + \frac{\text{Mg в мг/л}}{12,16}, \text{ (мг-экв/л)} \quad /12/.$$

В литературе по рыбоводству жесткость иногда приводят в немецких градусах  $\text{H}^\circ$ . Жесткость, создаваемая 10 мг/л CaO в воде соответствует 1  $\text{H}^\circ$ .

Жесткость в 1 мг-экв/л = 2,8  $\text{H}^\circ$ .

Жесткость, создаваемая 50 мг/л  $\text{CaCO}_3$  соответствует 1 мг-экв/л.

**КАРБОНАТНАЯ ЖЕСТКОСТЬ** определяется по количеству кальция и магния, эквивалентному количеству карбонатов и гидрокарбонатов.

**НЕКАРБОНАТНАЯ ЖЕСТКОСТЬ** показывает количество катионов щелочно-земельных металлов, соответствующих анионам минеральных кислот: хлорид, сульфат, нитрат-ионам и др.

Природные воды различаются по степени жесткости (табл.7).

Таблица 7

| Характеристика   | Общая жесткость в мг-экв/л |
|------------------|----------------------------|
| Очень мягкая     | до 1,5                     |
| Мягкая           | 1,5 - 3,0                  |
| Умеренно жесткая | 3,0 - 6,0                  |
| Жесткая          | 7,0 - 9,0                  |
| Очень жесткая    | выше 9,0                   |
| Морская          | 130,5                      |

Жесткость - важный показатель качества воды в аквакультуре. Слишком мягкая вода не может удовлетворить потребности водных организмов в кальции и магнии. Необходима вода с жесткостью, как минимум, 5  $\text{H}^\circ$  или 1,8 мг-экв/л. Рекомендуемые рыбоводам оптимальные значения жесткости для карповых хозяйств 1,8 - 2,9 мг-экв/л, для форелевых 3,6 - 7,1 мг-экв/л.

Увеличение жесткости воды блокирует губительное влияние на гидробионтов других ионов, находящихся в воде (цинка, кадмия, меди, водорода). Этот эффект хорошо иллюстрируется на примере влияния жесткости на летальные концентрации ионов (табл.8).

Таблица 8

| Ион     | Диапазон изменения жесткости воды в мг-экв/л | Изменение летальных концентраций с увеличением жесткости |
|---------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Водород | 0,24 - 6,4                                   | pH от 4,25 до 4,18                                       |
| Цинк    | 0,20 - 10,0                                  | от 0,03 до 0,5 мг/л                                      |
| Медь    | 0,20 - 6,0                                   | от 5 до 112 мкг/л                                        |
| Кадмий  | 0,20 - 6,0                                   | от 0,12 до 0,3 мкг/л                                     |

## КОНЦЕНТРАЦИИ И ТОКСИЧНОСТЬ ИОНОВ ВОДОРОДА

Концентрацию ионов водорода принято называть водородным показателем и обозначать через рН

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]. \quad /13/$$

Чистая вода обладает некоторой электропроводностью за счет частичной диссоциации молекул воды на ионы водорода и гидроксила



При 25 °С концентрация ионов равна  $10^{-7}$  г-ион/л или  $\text{pH} = 7$ . Эта чистая вода представляет собой нейтральный раствор. Если в воду добавлять кислоту, то концентрация ионов водорода увеличивается, а рН становится менее 7,0. При добавление в воду щелочей концентрация ионов водорода уменьшается, а рН становится более 7,0.

Вода, поступаая из природных источников, а также вода в рыбоводных установках, может иметь, как кислую реакцию ( $\text{pH} < 7,0$ ), так и щелочную реакцию ( $\text{pH} > 7,0$ ). В пресных водоемах рыбы встречаются при рН от 4 до 10, безопасный диапазон существования рыбы от 5 до 9, для максимальной продуктивности аквакультуры требуется более узкий диапазон рН от 6,5 до 8,5. В более жесткой воде устойчивость рыбы к низким значениям рН увеличивается (см. табл.8). С размером и возрастом устойчивость также возрастает. Например, для лососей возрастом 4 и 16 месяцев нижний летальный порог различается на 0,3 единицы рН.

Наблюдается постепенная акклимация рыб к низким значениям рН.

### СВОДНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ рН НА РЫБ

|           |                                                                                                                                                |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 - 4,5   | Рыб можно акклимировать, но размножается в этих условиях только щука.                                                                          |
| 4,5 - 5   | Молоди и икре лососей вредна, для взрослых лососей вредна только в мягкой воде.                                                                |
| 5 - 6     | Безвредно для всех видов рыб при $\text{CO}_2 < 20$ мг/л, либо при отсутствии солей железа. Меньшее значение вредно для лососей в мягкой воде. |
| 6 - 6,5   | Безвредно при концентрации $\text{CO}_2 < 100$ мг/л.                                                                                           |
| 6,5 - 9,5 | Безвредно, но влияет на токсичность других ядов.                                                                                               |
| 9,5 - 10  | Летальные значения для лососей при длительной экспозиции, безвредны для молоди и икры других видов.                                            |
| 10 - 10,5 | Летальны при длительной экспозиции для лососей.                                                                                                |
| 10,5 - 11 | Летальны при длительной экспозиции для карпа, линя, карася и щуки.                                                                             |

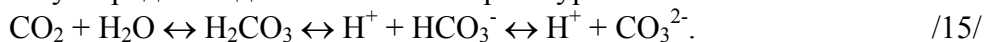
## ИЗМЕНЕНИЕ рН ВОДЫ, БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

Процесс жизнедеятельности гидробионтов сопровождается закислением среды, подробнее этот вопрос будет рассмотрен ниже. В некоторых рыбоводных установках снижение рН принимает опасные для культивируемых видов формы. Так, например, нормой работы замкнутых по воде установок является снижение рН до 6 - 6,5 при значении рН подпиточной воды 7 - 8. При непринятие мер рН снижается до опасных значений.

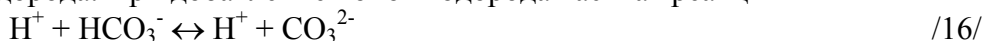
Природные воды располагают собственной буферной системой, определенным образом гасящей рост концентрации ионов водорода. Буферные свойства воды определяются растворенной в ней двуокисью углерода  $\text{CO}_2$  с образованием угольной кислоты  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Эта слабая кисло-

та взаимодействует с карбонатосодержащими породами  $\text{CaCO}_3$  с образованием бикарбоната  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

Бикарбонат диссоциирует с образованием водородных и карбонатных ионов. Весь процесс растворения углерода в воде описывается серией уравнений



Эти химические реакции во многом зависят от концентрации ионов водорода. С повышением концентрации ионов водорода (снижение pH) реакция сдвигается влево. Однако, эта химическая система обладает буферностью, она сопротивляется любым изменениям концентрации ионов водорода. При добавлении ионов водорода частная реакция



остается относительно стабильной, поскольку в обеих частях содержатся ионы  $\text{H}^+$ . Сдвиг реакции влево компенсирует добавление ионов водорода. Поскольку концентрация угольной кислоты в частной реакции (уравнение 16) увеличилось, то это приводит к частичной диссоциации угольной кислоты с образованием воды и углекислого газа



Происходит сдвиг реакции влево, при этом наблюдается уменьшение концентрации бикарбоната в воде ( $\text{HCO}_3^-$ ). В результате реакций большая часть ионов водорода будет связана в  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{HCO}_3^-$ .

Если вода контактирует с карбонатными отложениями  $\text{CaCO}_3$ , то пополнение утраченного бикарбоната ( $\text{HCO}_3^-$ ) произойдет за счет диссоциации карбонатных отложений



С целью стабилизации pH водных систем, например, аквариумов, в воду вносят материалы, содержащие  $\text{CaCO}_3$ : раковины моллюсков, мраморную крошку и т.п.

В воде океанов pH поверхностных вод обычно находится в пределах 7,8 - 8,3, то есть имеет щелочную реакцию. Этим объясняется наличие прочных раковин у морских моллюсков. В кислых водах пресных водоемов раковины растворяются.

В природных водах озер pH изменяется от 6 до 9. Под влиянием вулканических кислот pH может снизиться до 1,7, что часто случается в зонах активной вулканической деятельности (Камчатка, Курилы). Если питающие хозяйство воды текут по известковым отложениям, то pH может достигнуть значения 9. Чаще всего это бывает в артезианских источниках.

Буферные свойства воды оцениваются по ЩЕЛОЧНОСТИ ВОДЫ, тесно связанной с карбонатной жесткостью воды. Щелочность (ее обозначают символом  $A_{1к}$ ) выражает концентрацию анионов слабых кислот (угольной, борной, фосфорной и др.), связанных с сильным основанием. Щелочность вычисляется по формуле:

$$A_{1к} = \frac{\text{HCO}_3^- \text{ в мг/л}}{61} + \frac{\text{CO}_3^{2-} \text{ в мг/л}}{24}, \text{ (мг-экв/л)}. \quad /19/$$

Связь между pH воды и формами углерода, входящими в буферную систему пресной воды, приведена на рис.18.

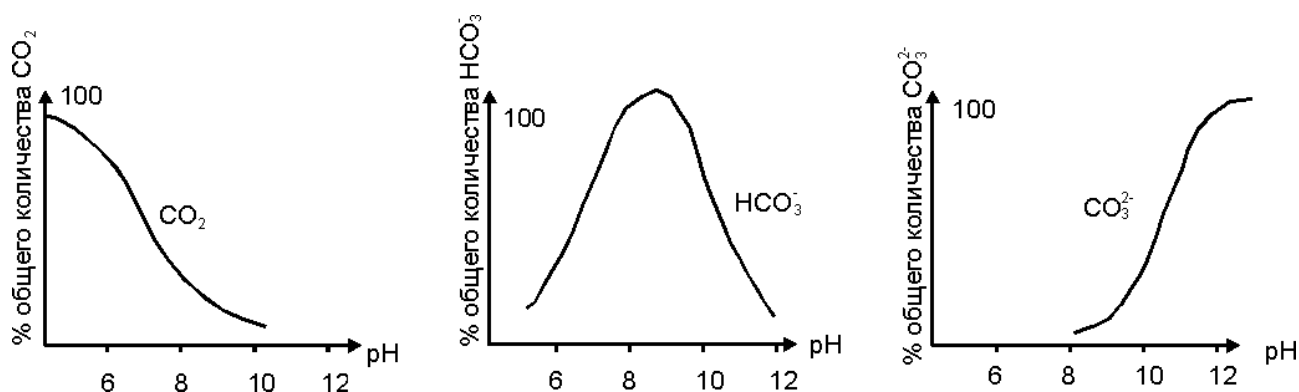


Рис.18. Графическая связь pH и форм углерода в пресной воде.

Если в замкнутых по воде рыбоводных установках буферные свойства подпиточной воды невысоки, то для стабилизации pH воды используется известковое молоко, получаемое при гашении извести CaO. При гашении CaO образуется сильное основание - гидроксид кальция Ca(OH)<sub>2</sub>.

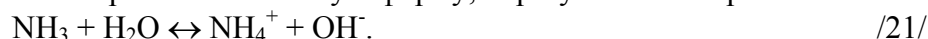


На 1 кг аммиака, выделяемого гидробионтами (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N), потребуется примерно 4 кг CaO.

## АЗОТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДЫ

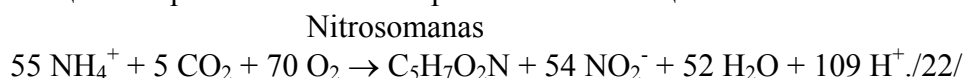
Азотное загрязнение воды представлено наличием ионов NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (см. табл.5). Появление в воде этих форм азота определяется количеством попадающих в воду продуктов метаболизма гидробионтов и наземных животных (в том числе и людей). Само количество указанных выше ионов не несет достаточной информации о токсичности воды для гидробионтов. Необходимо комплексная оценка токсичности с учетом pH, температуры и жесткости воды.

Упрощенная схема попадания азотного загрязнения в воду приведена на рис.19. Продукты метаболизма поступают в воду в виде иона аммония NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и в виде органических частиц, которые, окисляясь, в конечном счете, выделяют все тот же ион аммония. Процесс окисления органических частиц с выделением аммония называется аммонификацией. В водном растворе ионы аммония частично теряют свою ионную форму, образуя неионизированный аммиак



Процентное соотношение двух форм NH<sub>3</sub> и NH<sub>4</sub><sup>+</sup> зависит от pH и температуры воды.

Дальнейшая судьба ионов аммония в воде зависит от наличия контакта с бактериями рода Nitrosomanas. Бактерии этого рода присутствуют и в воде, и в донных отложениях, и на различных субстратах как в открытых водоемах, так и в искусственных рыбоводных системах. Бактерии рода Nitrosomanas превращают аммоний NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в нитрит NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Процесс превращения идет при активном потреблении кислорода и энергии. Бактерии утилизируют энергию, углекислый газ и кислород для продуцирования органических соединений, необходимых для роста клеток и обмена веществ. Уравнение синтеза органического вещества



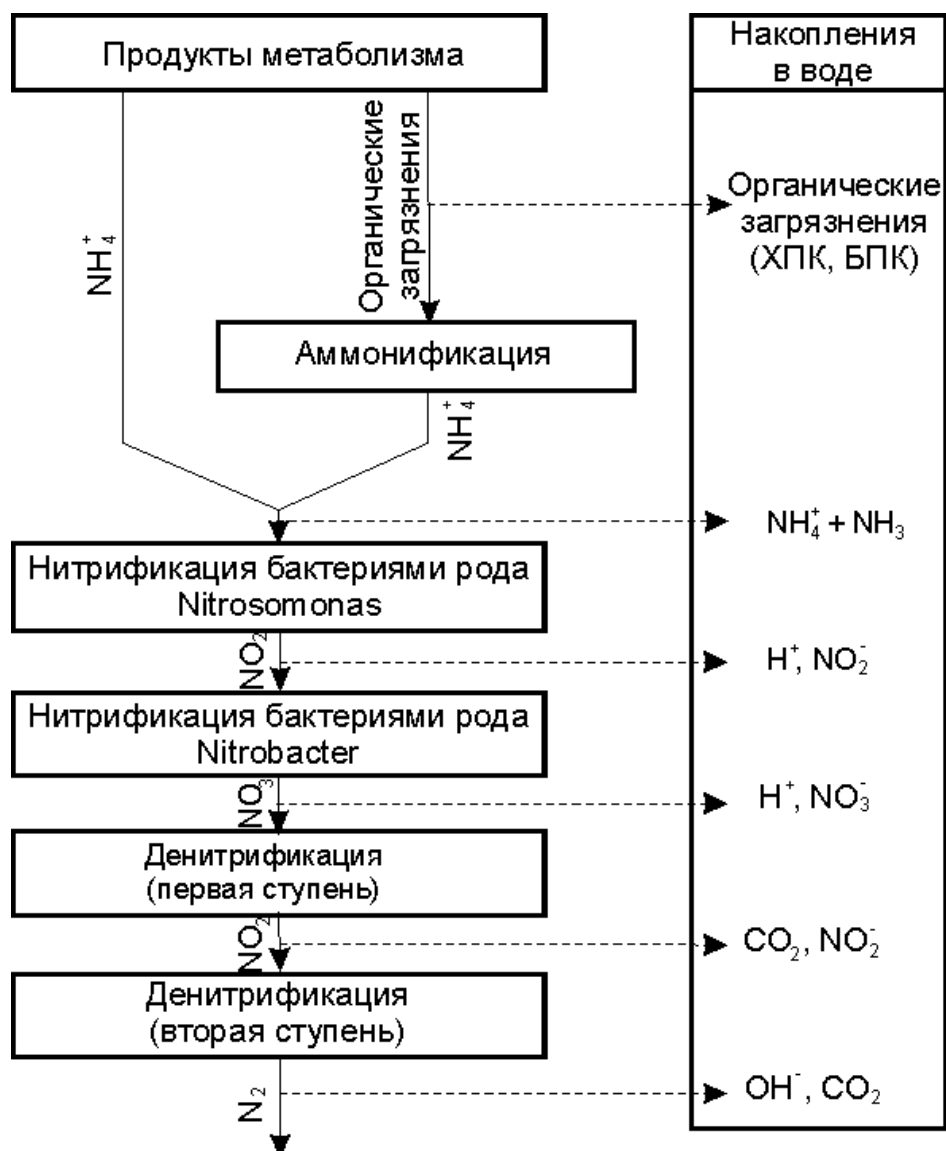
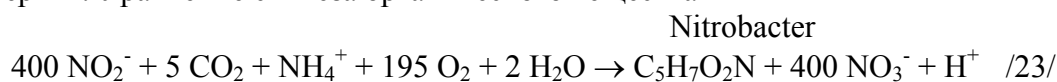


Рис.19. Схема накопления продуктов метаболизма в воде.

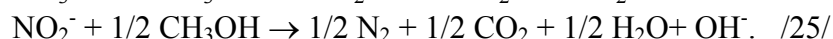
Продуцируемый бактериями рода *Nitrosomonas* нитрит  $\text{NO}_2^-$  окисляется другой группой бактерий рода *Nitrobacter*. Процесс идет с потреблением кислорода, углекислого газа и выделением энергии. Уравнение синтеза органического вещества



Реакция окисления аммония до нитрата называются реакциями нитрификации. Эти реакции идут при значительном потреблении кислорода. Для окисления одного кг аммиака ( $\text{NH}_3 - \text{N}$ ) требуется приблизительно 4,57 кг кислорода.

Нитрат, накапливающийся в водной системе, может быть расщеплен различными бактериями: факультативными, анаэробными, гетеротрофными. Этот процесс называется денитрификацией. Процесс денитрификации протекает в две стадии; образование из нитрата нитрита и восстановление нитрита до газообразного азота. Обе эти реакции идут при наличии источника углерода. Более эффективно реакции проходят в воде с насыщением кислородом ниже уровня 1 мг/л, но и в насыщенной кислородом воде реакции денитрификации полностью не угасают. Источником углерода, необходимого бактериям для реакции, служит органическое вещество, поступающее в воду как продукт метаболизма.

Реакция денитрификации успешно идет при использовании метанола в качестве источника углерода



## ТОКСИЧНОСТЬ АЗОТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В результате попадания в воду продуктов метаболизма, их окисления и в процессе реакций нитрификации и денитрификации в воде присутствуют четыре формы азотного загрязнения  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Все они в разной мере токсичны для культивируемых объектов. Мерой токсичности служит концентрация этих продуктов в воде, исчисляемая в мг/л.

Чтобы избежать разночтений в определении токсичности различных форм азотного загрязнения, акцентируем внимание на используемые термины. По рекомендации международной организации ФАО используются термины: "АММОНИЙ" - ион  $\text{NH}_4^+$ , "НЕИОНИЗИРОВАННЫЙ" или "ГАЗООБРАЗНЫЙ АММИАК" -  $\text{NH}_3$ , "АММОНИЙНЫЙ АЗОТ" - содержание азота в  $\text{NH}_4^+$  (обозначается  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ), "ОБЩИЙ АММИАЧНЫЙ АЗОТ" -  $\text{NH}_3 - \text{N}$  и  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ .

Формулы преобразования:

$$\text{NH}_3 \text{ (мг/л)} = 1,2159 \text{ NH}_3 - \text{N (мг/л)} \quad /26/$$

$$\text{NH}_4^+ \text{ (мг/л)} = 1,2873 \text{ NH}_4^+ - \text{N (мг/л)} \quad /27/$$

$$\text{NO}_2^- \text{ (мг/л)} = 3,3333 \text{ NO}_2^- - \text{N (мг/л)} \quad /28/$$

$$\text{NO}_3^- \text{ (мг/л)} = 4,4267 \text{ NO}_3^- - \text{N (мг/л)} \quad /29/$$

$$\text{CO}_2 \text{ (мг/л)} = 3,664 \text{ CO}_2 - \text{C (мг/л)} \quad /30/$$

ТОКСИЧНОСТЬ АММОНИЯ И ГАЗООБРАЗНОГО АММИАКА. Как уже отмечалось, аммоний и газообразный аммиак находятся в воде в определенном соотношении друг с другом. Количество неионизированного аммиака в общем количестве продукта зависит от температуры и pH воды. Известно, что непосредственное токсичное воздействие на рыб оказывает газообразный аммиак, а ионы аммония слаботоксичны. Так как с помощью лабораторных анализов и с помощью приборов устанавливается общее количество аммония и неионизированного аммиака, то количество последнего определяется путем вычисления. Доля неионизированного аммиака (ДНА) вычисляется с помощью выражения

$$\text{ДНА} = \frac{100}{1 + \text{антилог.}(\text{pKa} - \text{pH})}, \quad /31/$$

где pKa - отрицательный логарифм константы ионизации, зависящий от температуры (см. табл.9).

Таблица 9

| Температура<br>воды в °С | 5    | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| pKa                      | 9,90 | 9,73 | 9,56 | 9,40 | 9,24 | 9,09 |

СВОДНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ НЕИОНИЗИРОВАННОГО АММИАКА в мг  $\text{NH}_3/\text{л}$

0,2 - 2,0 Остролетальные концентрации. Наиболее чувствительна форель, наиболее устойчив карп.

0,15 Выдерживают кратковременную экспозицию, но могут быть отрицательные последствия.

0,025 Хорошо чувствует себя без последствий.

Концентрация неионизированного аммиака 0,025 мг  $\text{NH}_3$ /л принимается, как допустимая концентрация, для форели и лососевых рыб. Для удобства пользования этим критерием концентрация 0,025 мг  $\text{NH}_3$ /л переведена в концентрацию общего аммиака  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$  и рассчитана для различных температур и значений pH. (см. табл.6). Имея данные измерения  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ , значения pH и температуры воды с помощью таблицы можно установить: отвечает ли такая концентрация допустимым нормам.

Таблица 10.

*Допустимые концентрации общего аммиака в мг  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ /л, соответствующие концентрации 0,025 мг  $\text{NH}_3$ /л*

| Температура,<br>°C | pH   |      |     |      |      |       |
|--------------------|------|------|-----|------|------|-------|
|                    | 6,5  | 7,0  | 7,5 | 8,0  | 8,5  | 9,0   |
| 5                  | 63,3 | 20,0 | 6,3 | 2,0  | 0,66 | 0,23  |
| 10                 | 42,4 | 13,4 | 4,3 | 1,4  | 0,45 | 0,16  |
| 15                 | 28,9 | 9,2  | 2,9 | 0,94 | 0,31 | 0,12  |
| 20                 | 20,0 | 6,3  | 2,0 | 0,66 | 0,22 | 0,088 |
| 25                 | 13,9 | 4,4  | 1,4 | 0,46 | 0,16 | 0,069 |
| 30                 | 9,8  | 3,1  | 1,0 | 0,34 | 0,12 | 0,056 |

#### ТОКСИЧНОСТЬ НИТРИТОВ

Нитрит ( $\text{NO}_2^-$ ) появляется в воде как промежуточная форма в двух процессах: нитрификации и денитрификации. В чистых природных источниках воды нитрит встречается в виде следов. В рыбоводных системах, особенно в замкнутых рыбоводных установках, нитрит присутствует в концентрациях, достигающих критических значений.

Установлено, что токсичность нитрита для рыб сильно понижается с ростом содержания в воде ионов хлора. Существующие в ряде литературных источников указания на предельно допустимые концентрации нитрита для разных видов рыб, без указания на концентрацию ионов хлора, сильно занижены. Так, например, рекомендуется считать максимальной концентрацию нитритного азота ( $\text{NO}_2^- \text{N}$ ) для форели 0,19 - 0,23 мг/л, для карпа 0,2 - 0,3 мг/л. Однако, в экспериментах с кижучем безопасная концентрация нитритного азота составляла 8,9 мг/л при концентрации ионов хлора 33,2 мг/л. При повышении концентрации ионов хлора до 261 мг/л безопасной становится концентрация нитритного азота 29,8 мг/л.

Снижение токсичности нитрита при введении ионов хлора в воду позволяет избегать заморных ситуаций. Например, при первичном пуске замкнутой по воде рыбоводной установки концентрация нитрита достигает значения 5 - 15 мг  $\text{NO}_2$ /л и держится несколько суток, пока не начнет работать вторая группа нитрифицирующих бактерий. Нейтрализация токсичности нитрита достигается доведением концентрации ионов хлора в воде до 80 - 100 мг/л. Это безопасные концентрации хлора для культивируемых объектов. В качестве источников ионов хлора используется поваренная соль NaCl или соляная кислота HCl.

#### ТОКСИЧНОСТЬ НИТРАТОВ

Нитрат  $\text{NO}_3^-$  появляется в воде как конечный продукт нитрификации. Малотоксичен для рыб и других гидробионтов. Так, например, нормальный рост карпа наблюдался при концентрации  $\text{NO}_3^- \text{N}$  до 90 мг/л при температуре 25 °C и pH равном 5,3 - 5,8, при этом концентрация неионизированного аммиака  $\text{NH}_3 - \text{N}$  достигала значения 0,013 мг/л. Имеются сведения и о концентрациях нитрата, достигающих значений 400 мг  $\text{NO}_3^- \text{N}$ /л и не вызывающих катастрофических последствий.

Хотя ионы нитрата не обладают значительной токсичностью, при их образовании выделяется определенное количество ионов водорода (см. уравнения 13 и 14). Продукция ионов водорода  $\text{H}^+$  при окислении одного кг  $\text{NH}_4^+$  составит 110 г-ион  $\text{H}^+$ /кг  $\text{NH}_4^+$  или 141 г-ион  $\text{H}^+$ /кг  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ .

Следовательно, при увеличении концентрации нитрата одновременно последует снижение рН воды. Токсичное действие нитрата скажется через увеличение концентрации ионов водорода, то есть через снижение рН воды. Методы нейтрализации этого воздействия описываются выше.

## ТОКСИЧНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЗВЕСЕЙ

Источником органических взвесей в воде являются все живые и отмершие водные организмы, вымывание продуктов распада из почв и иловых отложений, стоки канализации и животноводческих предприятий. Под органическим веществом понимаются разнообразные продукты углеводного, белкового и жирового обмена. В природных водах эти вещества, в конечном счете, минерализуются бактериями и составляют основу питания многих растений. В рыбоводных системах высокая концентрация органических взвесей угнетает развитие гидробионтов. Повышенное содержание органических взвесей сигнализирует о загрязненности водоисточника или рыбоводной установки и требует мер по предотвращению заморных явлений.

Органическое вещество существует в воде в виде взвесей, коллоидных и молекулярных соединений. Нет достаточно простого метода выделения органического вещества из воды, поэтому оценку загрязненности ведут по косвенным показателям: по химическому потреблению кислорода (ХПК) при окислении воды химическими окислителями, по биохимическому потреблению кислорода (БПК), по органическому углероду, содержание которого в органических веществах принимают приблизительно за 50%.

ХПК - величина окисляемости воды, измеряемая количеством кислорода в мг, расходуемого на окисление органических веществ, содержащихся в одном литре воды. В зависимости от применяемого окислителя различают перманганатную (окислитель  $\text{KMnO}_4$ ) и хроматную или бихроматную окисляемость (окислитель  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). В рыбоводной практике перманганатный способ определения окисляемости нашел широкое применение из-за своей простоты.

БПК - биохимическое потребление кислорода в мг, необходимое для биохимического окисления органических веществ, содержащихся в 1 л воды за определенный промежуток времени, БПК<sub>5</sub> - за пять суток, БПК<sub>20</sub> - за двадцать суток, БПК<sub>полн</sub> - за более длительный срок.

Для воды, загрязненной продуктами жизнедеятельности рыбы, установлена связь между двумя способами измерения концентрации загрязнения - между ХПК и БПК:

$$\text{БПК}_{\text{полн}} = 0,277 \text{ ХПК} \quad /32/$$

$$\text{БПК}_5 = 0,212 \text{ БПК}_{\text{полн}} \quad /33/$$

Для карповых хозяйств рекомендуется вода с биологической окисляемостью до 10 - 30 мг/л, что в пересчете на ХПК составляет 180 - 500 мг  $\text{O}_2$ /л. Для форелевых хозяйств рекомендуется вода с биологической окисляемостью до 8 мг  $\text{O}_2$ /л, по ХПК до 140 мг  $\text{O}_2$ /л.

## ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ

Температура является наиболее важным физическим свойством воды. Основным фактором при выборе объекта культивирования должно быть наличие воды оптимальной или близкой к ней температуры для предполагаемого объекта культивирования. Температура должна быть оптимальной в течение как можно более продолжительного сезона выращивания. В меньшей степени это относится к замкнутым системам, температура воды в которых поддерживается техническими средствами. Сезонные колебания температуры влияют на все системы, кроме замкнутых.

Так как рыба и другие объекты аквакультуры относятся к пойкилотермным (холоднокровным) организмам, температура их тела быстро выравнивается с температурой воды. Химические реакции в организме рыб оказываются напрямую связанными с температурой воды. При повышении температуры активность химических реакций возрастает, при понижении - падает. Влияние температуры на рост рыбы хорошо иллюстрируется на примере экспериментально полученных данных по темпу роста симы (дальневосточный лосось, см. рис 20).

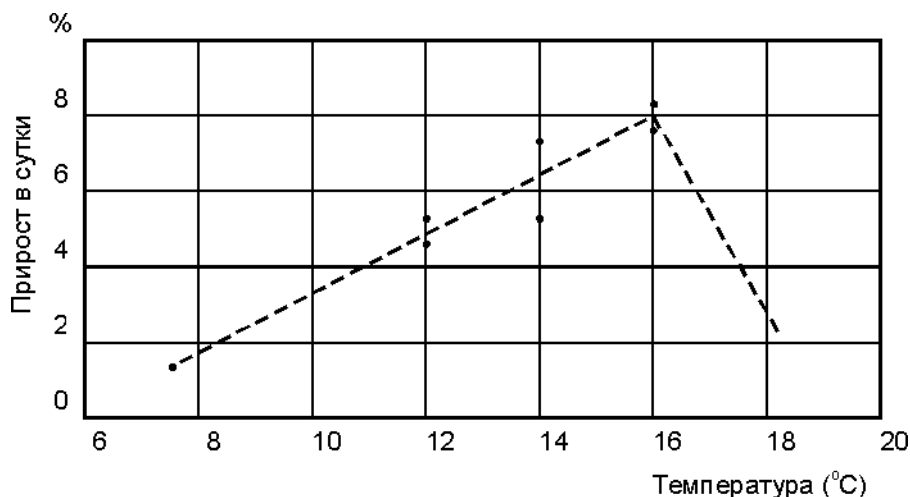


Рис. 20. Темпы роста молоди симы размерной группы 0,4 - 2,0 г.

Повышение температуры приводит к ускорению химических реакций, катализируемых ферментами. Это обеспечивает увеличение темпа роста рыбы при увеличении температуры от 8 до 16 °C. При достаточно низкой температуре некоторые жизненно важные реакции не идут вообще или протекают слишком медленно для обеспечения жизнедеятельности организма. При этих температурах возможно существование организма, но прирост массы отсутствует. На рис.20 этот участок лежит при температуре ниже 7 °C. При понижении температуры рыбы погибают.

Повышение температуры воды приводит к повышению темпов роста только до определенного предела, так как кинетическая энергия процессов становится достаточной для разрушения некоторых химических соединений. Кроме того, энергия начинает затрачиваться не на рост, а на поддержание повышенных скоростей обмена. Все это приводит к снижению скорости роста. Для симы (рис.20) это происходит при температуре выше 16 °C. При некоторых значениях температуры наступает гибель рыбы.

Оценку влияния температуры воды на результаты культивирования рыбы проиллюстрируем на примере культивирования кижуча (см. табл.11).

Таблица 11

*Культивирование кижуча в пресной воде (материалы фирмы «Ничиро-гёгё»)*

| Температура воды в °C |  | Возможная температура для разведения | Оптимальная температура для разведения |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------------------------|
|                       |  |                                      |                                        |

|    |                                       |  |  |
|----|---------------------------------------|--|--|
| 0  | Вымирание                             |  |  |
|    | ↑ Неудовлетворит.<br>↓ принятие корма |  |  |
| 5  | ↑ Плохой рост<br>↓                    |  |  |
| 10 | ↑ Хорошее<br>↓ развитие               |  |  |
| 15 | ↑ Неудовлетворит.<br>↓ принятие корма |  |  |
| 20 | Вымирание                             |  |  |
| 25 |                                       |  |  |

Данные таблицы 11 дают исчерпывающую информацию по выбору технологии культивирования по параметру: температура воды.

Для успешного ведения рыбного хозяйства необходимо учитывать явления, связанные со скоростью изменения температуры воды. При выполнении мероприятий технологического характера, таких как перемещение рыбы, из бассейна в бассейн, транспортировка рыбы в живорыбных машинах, смена воды в бассейне и т.п., рыба может подвергаться резким изменениям температуры, способным вызвать стресс и даже ее гибель. При пересадке рыбы в воду, отличающуюся по температуре на 2 °С, рыб нужно акклимировать. Личинок, мальков, молодь следует помещать в пакеты или контейнеры и, затем, переносить эти сосуды в новую емкость, где температура воды в них выравнивается с температурой емкости. Если разность температур выше 10 °С, то этот метод непригоден. Для большинства объектов скорость акклимации не должна превышать 5 °С в час. Чтобы избежать температурного шока, все рыбоводные операции следует проводить в пасмурные дни, а операции по транспортировке живой рыбы отложить на периоды года, когда температура воды и воздуха примерно одинаковы (весна, осень).

## КИСЛОРОД И ЕГО ПОТРЕБЛЕНИЕ РЫБОЙ

Для всех культивируемых водных объектов необходим кислород, который им приходится извлекать из воды. Основным источником пополнения кислорода в природной воде является атмосфера и фотосинтезирующие растения. В атмосфере содержится 21% кислорода, а содержание кислорода в воде зависит от различных факторов, в частности, от температуры воды и содержания в ней ионов хлора. Для каждой температуры и солености (хлорности) может быть установлено равновесное 100% насыщение атмосферным кислородом. В холодной пресной воде насыщение выше, чем в более теплой и насыщенной ионами хлора. Равновесное насыщение весьма важный показатель, по которому оценивается несущая способность воды по кислороду. Для практического пользования эта информация представлена в виде табл.12.

Таблица 12.

*Растворимость кислорода в воде при давлении 760 мм рт.ст. в мг/л в зависимости от температуры и концентрации хлоридов в воде*

| Темпе-<br>ра-<br><br>Тура, °C | Концентрации хлоридов в воде в мг/л |      |       |       |       | Разность содер-<br>жания кислорода<br>на<br>100 мг хлоридов |
|-------------------------------|-------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------------------------------------------------------------|
|                               | 0                                   | 5000 | 10000 | 15000 | 20000 |                                                             |
| 0                             | 14,6                                | 13,8 | 13,0  | 12,1  | 11,3  | 0,017                                                       |
| 1                             | 14,2                                | 13,4 | 12,6  | 11,8  | 11,0  | 0,016                                                       |
| 2                             | 13,8                                | 13,1 | 12,3  | 11,5  | 10,8  | 0,015                                                       |
| 3                             | 13,5                                | 12,7 | 12,0  | 11,2  | 10,5  | 0,015                                                       |
| 4                             | 13,1                                | 12,4 | 11,7  | 11,0  | 10,3  | 0,014                                                       |
| 5                             | 12,8                                | 12,1 | 11,4  | 10,7  | 10,0  | 0,014                                                       |
| 6                             | 12,5                                | 11,8 | 11,1  | 10,5  | 9,8   | 0,014                                                       |
| 7                             | 12,2                                | 11,5 | 10,9  | 10,2  | 9,6   | 0,013                                                       |
| 8                             | 11,9                                | 11,2 | 10,6  | 10,0  | 9,4   | 0,013                                                       |
| 9                             | 11,6                                | 11,0 | 10,4  | 9,8   | 9,2   | 0,012                                                       |
| 10                            | 11,3                                | 10,7 | 10,1  | 9,6   | 9,0   | 0,012                                                       |
| 11                            | 11,1                                | 10,5 | 9,9   | 9,4   | 8,8   | 0,011                                                       |
| 12                            | 10,8                                | 10,3 | 9,7   | 9,2   | 8,6   | 0,011                                                       |
| 13                            | 10,6                                | 10,1 | 9,5   | 9,0   | 8,5   | 0,011                                                       |
| 14                            | 10,4                                | 9,9  | 9,3   | 8,8   | 8,3   | 0,010                                                       |
| 15                            | 10,2                                | 9,7  | 9,1   | 8,6   | 8,1   | 0,010                                                       |
| 16                            | 10,0                                | 9,5  | 9,0   | 8,5   | 8,0   | 0,010                                                       |
| 17                            | 9,7                                 | 9,3  | 8,8   | 8,3   | 7,8   | 0,010                                                       |
| 18                            | 9,5                                 | 9,1  | 8,6   | 8,2   | 7,7   | 0,009                                                       |
| 19                            | 9,4                                 | 8,9  | 8,5   | 8,0   | 7,6   | 0,009                                                       |
| 20                            | 9,2                                 | 8,7  | 8,3   | 7,9   | 7,4   | 0,009                                                       |
| 21                            | 9,0                                 | 8,6  | 8,1   | 7,7   | 7,3   | 0,009                                                       |
| 22                            | 8,8                                 | 8,4  | 8,0   | 7,6   | 7,1   | 0,008                                                       |
| 23                            | 8,7                                 | 8,3  | 7,9   | 7,4   | 7,0   | 0,008                                                       |
| 24                            | 8,5                                 | 8,1  | 7,7   | 7,3   | 6,9   | 0,008                                                       |
| 25                            | 8,4                                 | 8,8  | 7,6   | 7,2   | 6,7   | 0,008                                                       |
| 26                            | 8,2                                 | 7,8  | 7,4   | 7,0   | 6,6   | 0,008                                                       |
| 27                            | 8,1                                 | 7,7  | 7,3   | 6,9   | 6,5   | 0,008                                                       |
| 28                            | 7,9                                 | 7,5  | 7,1   | 6,8   | 6,4   | 0,008                                                       |
| 29                            | 7,8                                 | 7,4  | 7,0   | 6,6   | 6,3   | 0,008                                                       |
| 30                            | 7,6                                 | 7,3  | 6,9   | 6,5   | 6,4   | 0,008                                                       |
| 31                            | 7,5                                 |      |       |       |       |                                                             |
| 32                            | 7,4                                 |      |       |       |       |                                                             |
| 33                            | 7,3                                 |      |       |       |       |                                                             |
| 34                            | 7,2                                 |      |       |       |       |                                                             |
| 35                            | 7,1                                 |      |       |       |       |                                                             |
| 36                            | 7,0                                 |      |       |       |       |                                                             |
| 37                            | 6,9                                 |      |       |       |       |                                                             |
| 38                            | 6,8                                 |      |       |       |       |                                                             |
| 39                            | 6,7                                 |      |       |       |       |                                                             |
| 40                            | 6,6                                 |      |       |       |       |                                                             |

Если по каким-либо причинам насыщение воды в водоеме оказывается ниже равновесного насыщения, то кислород воздуха переносится в воду из-за возникающего градиента концентраций. Скорость процесса переноса кислорода тем выше, чем выше градиент концентрации, то есть чем выше разница между равновесным и фактическим насыщением воды. При приближении фактического насыщения воды к равновесному скорость процесса падает. При пресыщении воды кислородом выше равновесного насыщения идет процесс потери кислорода из воды (диффузия). Процессы насыщения и диффузия идут через поверхность раздела сред вода/воздух, поэтому, чем больше поверхность раздела, тем интенсивнее идет процесс. Поверхность раздела может быть искусственно увеличена за счет разбрызгивания или барботирования воздухом. Создание турбулентного течения воды также увеличивает скорость процесса, так как увеличивается градиент концентрации на границе раздела при перемешивании слоев воды различной степени насыщения. Процессы диффузии кислорода в неподвижной воде настолько мало влияют на уровень насыщения различных слоев воды, что ими можно пренебречь.

Фотосинтез - второй основной источник кислорода для водных систем. Кислород является побочным продуктом фотосинтеза растений. Однако, фотосинтез и продуцирование кислорода происходят только при наличии света. Те водоросли, которые в дневное время выделяют кислород, в ночное время его поглощают. В солнечные дни количество кислорода, выделяемого водорослями в воду, может быть настолько большим, что уровень насыщения воды значительно превышает уровень равновесного насыщения. В этом случае кислород выделяется из воды в атмосферу. Известны случаи пресыщения воды до 300% от равновесного значения. Максимальная концентрация кислорода бывает в середине дня или несколько позднее, а минимальная концентрация - на рассвете.

Потребление водорослями кислорода в темное время суток может снизить его концентрацию в воде до критического для культивируемых объектов значения. Особую опасность представляют тихие безветренные ночи, когда пополнение воды кислородом воздуха затруднено. Контроль концентрации кислорода в открытых водоемах следует проводить в утренние часы.

#### НОРМА КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА В ВОДЕ РЫБОВОДНЫХ УСТАНОВОК.

В естественных открытых водоемах, в результате процесса фотосинтеза водорослей, верхняя граница насыщения может оказаться равной 300% от равновесного насыщения. При этом не отмечено гибели рыбы или каких-либо других отрицательных последствий.

Снижение концентрации кислорода до 60% от равновесного насыщения практически не сказывается на росте и использовании кормов форелью и карпом. Временное снижение концентрации кислорода ниже 60% приводит к стрессам на несколько дней, рыба прекращает брать корм. При дальнейшем снижении концентрации кислорода наступает гибель рыбы. Нижние пороговые концентрации кислорода зависят от вида и массы тела рыбы, а также от температуры воды. Пороговые концентрации кислорода являются важной информацией при выполнении операций по перевозке рыбы. В этот момент рыба не питается, а единственной задачей рыбовода является сохранение рыбы в живом виде. Пороговые концентрации кислорода в воде для различных видов рыб приведены в табл.13.

Оптимальные концентрации кислорода для рыбы подбираются в зависимости от стадии ее развития; икра, личинки, молодь, товарная рыба. На стадии инкубации икры требования к уровню концентрации кислорода жестче, чем на других стадиях. Например, при инкубации икры карпа снижение концентрации кислорода до 6,5 мг/л, что составляет 70% равновесного насыщения, оказывается летальным. В период усиленного развития икринки, во время закладки основных органов и тканей зародыша, даже 100% насыщение воды 8,5 мг/л становится критическим, часть икры погибает. Повышение концентрации кислорода до 25 - 35 мг/л не сказывается на скорости развития икры. Однако, при столь высокой концентрации кислорода уменьшается отход икры. В дальнейшем развитии молодь, полученная из икринок, инкубированных при повышенной концентрации кислорода, развивается и набирает массу быстрее молоди, полученной из икры, инкубированной при 100% насыщении воды.

Таблица 13

*Пороговые концентрации кислорода*

| Вид рыбы                         | Диапазон пороговых концентраций, мг/л |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| Карп                             | 1 - 1,4                               |
| Карп (молодь)                    | 2,4 - 3,8                             |
| Осетр                            | 1,4 - 1,8                             |
| Осетр (сеголетки)                | 1,0 - 1,8                             |
| Осетр (молодь)                   | 2,1 - 2,5                             |
| Осетр (личинки)                  | 1,6                                   |
| Осетр (икра)                     | 5,6                                   |
| Севрюга                          | 1,8 - 2,4                             |
| Севрюга (сеголетки)              | 1,4 - 2,0                             |
| Севрюга (молодь)                 | 2,1 - 3,0                             |
| Севрюга (личинки)                | 2,3                                   |
| Севрюга (икра)                   | 5,6                                   |
| Стерлядь разновозрастная         | 3,4                                   |
| Форель разновозрастная при 6 °С  | 1,12                                  |
| Форель разновозрастная при 10 °С | 1,8 - 2,5                             |
| Лосось (годовики)                | 1,0 - 1,12                            |
| Лосось (молодь)                  | 1,12 - 1,8                            |
| Лосось (личинки)                 | 1,12 - 3,0                            |
| Барбус суматранус                | 4,9                                   |
| Кардинал                         | 2,1                                   |
| Данио розовый                    | 1,4                                   |
| Меченосец                        | 1,4                                   |

На стадии личинки, когда организм рыбы претерпевает морфологические преобразования, требования к уровню концентрации кислорода не менее жесткие. Концентрация кислорода должна поддерживаться на уровне 100% насыщения, хотя более высокие концентрации не приносят очевидного вреда, если они не связаны с газопузырьковой опасностью.

На более поздних стадиях развития молоди и выращивания товарной рыбы оптимальные концентрации кислорода лежат в пределах от 90 до 200% насыщения. Дальнейшее увеличение концентрации эффекта не дает. Очевидно, что при высоких концентрациях кислорода усвоение корма рыбой идет эффективнее, а затраты энергии на дыхание и поиск зон с повышенной концентрацией кислорода сводятся к минимуму. О недостатке кислорода можно судить по поведению рыбы. На недостаток кислорода указывает концентрация рыбы на вводе воды в бассейн, выпрыгивание, скопление рыбы в верхних слоях воды.

**ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА РЫБОЙ.**

Потребление кислорода рыбой зависит от стадии развития, массы тела, температуры и количества потребленного корма. По мере развития эмбриона потребность в кислороде возрастает. При инкубировании икры в условиях цеха потребность в кислороде удовлетворяется за счет воды, протекающей через инкубатор. При перевозке икры на стадии глазка потребность в кислороде покрывается тем запасом кислорода, который помещен в контейнер для перевозки икры. С ростом температуры потребление кислорода эмбрионами растет. Рост потребления кислорода эмбрионами осетровых приведен в табл.14.

Таблица 14

*Потребление кислорода эмбрионами осетровых*

| Температура, °С | Потребление, мг O <sub>2</sub> /кг рыбы в час | Выделение CO <sub>2</sub> , мл/кг рыбы в час |
|-----------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 7               | 9,8                                           | 4                                            |
| 8               | 14                                            | 6                                            |
| 9               | 18                                            | 8                                            |
| 10              | 21                                            | 10                                           |
| 11              | 24                                            | 12                                           |
| 12              | 27                                            | 13                                           |
| 13              | 28                                            | 15                                           |
| 14              | 29                                            | 16                                           |
| 15              | 31                                            | 17                                           |
| 16              | 32                                            | 18                                           |
| 18              | 35                                            | 20                                           |
| 19              | 36                                            | 21                                           |
| 20              | 38                                            | 22                                           |
| 21              | 39                                            | 23                                           |
| 22              | 41                                            | 24                                           |
| 23              | 42                                            | 25                                           |
| 24              | 43                                            | 26                                           |
| 25              | 45                                            | 27                                           |

При переходе личинок на питание внешним кормом по мере развития и роста рыбы удельное потребление кислорода на единицу массы рыбы падает. Одновременно сохраняется зависимость уровня удельного потребления кислорода в функции температур в пределах температур, возможных для разведения. Эта зависимость иллюстрируется потреблением кислорода лососями и форелью в диапазоне температур от 7,2 до 21,1 °С для рыб массой до 1000 г. (рис.21).

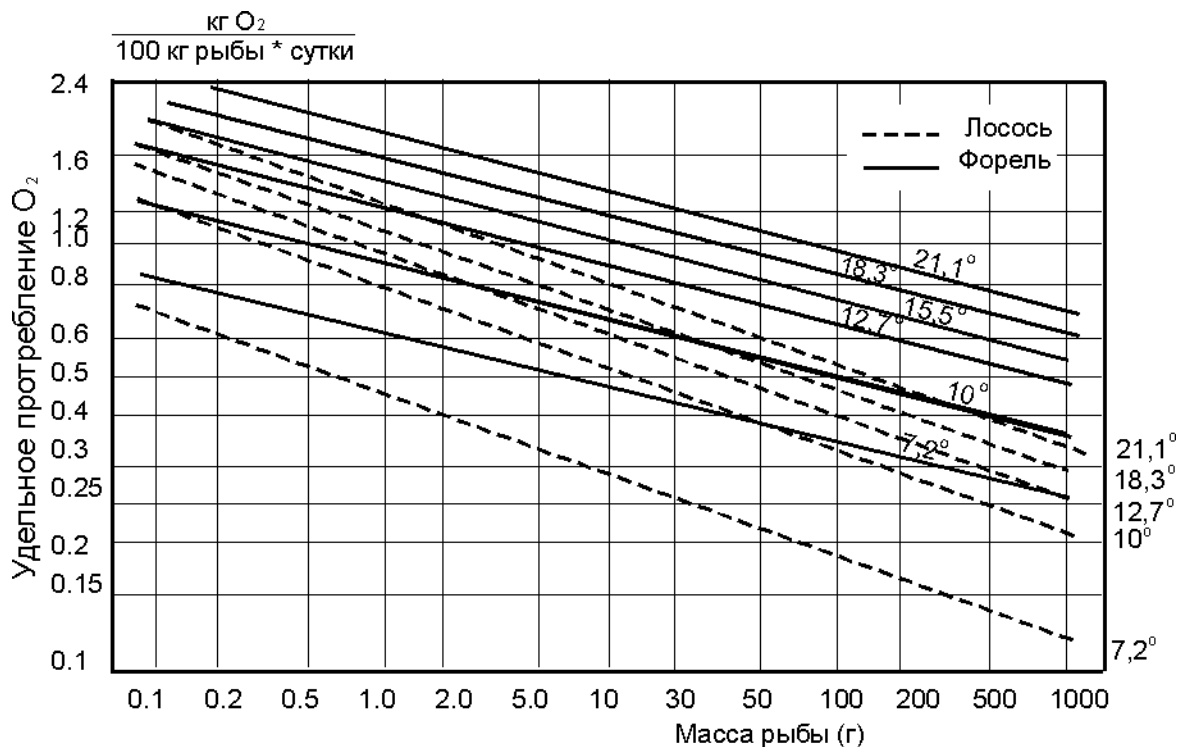


Рис. 21. Потребление кислорода в зависимости от массы рыбы и температуры.

Потребление кислорода в течение суток неравномерно. Максимальное потребление кислорода у форели наблюдается через 10 - 15 мин после внесения корма и снижается через 1 - 1,5 часа. Уровень потребления кислорода колеблется в пределах 1,2 - 2 раза. Аналогичная картина наблюдается при кормлении карпа. По этой причине все данные о потреблении кислорода приводятся в расчете на сутки. Для практических расчетов потребности кислорода для рыбы расчет ведется по потребленному ей корму. В пределах температур оптимальных для форели потребление кислорода пропорционально потреблению корма. На 1 кг сухого гранулированного корма рыбой расходуется 0,22 кг кислорода. Такой расчет применим только для условий нормального технологического процесса выращивания рыбы. Действительно, при прекращении кормления рыбы потребление кислорода не станет равным нулю.

## ВЕЩЕСТВА, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ПРИМЕНЕНИЕ ВОДЫ В РЫБОВОДСТВЕ

ЖЕЛЕЗО - является необходимым для жизни химическим элементом, входящим в состав гемоглобина крови. В воде железо содержится в форме окисного  $\text{Fe}^{3+}$  и закисного  $\text{Fe}^{2+}$ . Двухвалентное железо легко окисляется в трехвалентное в присутствии кислорода. Более токсичным для рыб является двухвалентное железо, которое часто содержится в водах артезианских источников и накапливается в прудах подо льдом.

Избыточное количество железа в воде, особенно двухвалентного, отрицательно сказывается на результатах рыбоводства и может вызвать гибель рыбы. Токсичность железа в кислой среде усиливается. При выращивании карпа рекомендуются воды с содержанием общего железа от десятых долей мг до 1 - 2 мг/л. При выращивании форели - 0,1 - 0,3 мг/л.

Артезианские воды, содержащие избыточное количество двухвалентного железа, с успехом используются в рыбоводстве после соответствующей обработки. Как правило, эту воду пропускают через градирию, где двухвалентное железо окисляется в трехвалентное кислородом воздуха и оседает в виде желеобразных хлопьев, нарастающих на деталях градирии. После удаления хлопьев вода становится пригодной для рыбоводных целей.

ВЗВЕШЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА - это кусочки твердого материала размером свыше 0,45 мкм, находящиеся в воде. Взвешенные вещества включают в себя частицы осадка, органического вещества, клетки фитопланктона и других животных организмов. Чем выше содержание взвешенного вещества, тем вода мутнее. На наличие взвешенных веществ в воде могут влиять различные факторы: волновое и ветровое перемешивание воды с взмучиванием донных осадков, смыл грунта во время дождей, хозяйственная деятельность человека.

Сильное отрицательное действие взвешенные вещества оказывают на икру, например, на икру лососевых рыб, отложенную в галечный грунт. Оседая, взвешенные вещества покрывают икру глинистыми отложениями, затрудняя доступ кислорода. Обладая развитой поверхностью, взвешенные вещества служат субстратом для роста грибов и бактерий, которые способствуют развитию болезней в системах культивирования.

Мутные воды сильнее нагреваются и лучше сохраняют тепло по сравнению с прозрачными. Мутные воды плохо пропускают свет, что препятствует развитию первичной продукции водоемов (микроводоросли, зоопланктон), которая может быть пищевой базой культивируемых видов.

Значительную опасность для систем культивирования представляют отложения осадков из мутной воды на дне прудов, в бассейнах, трубах и т.п.

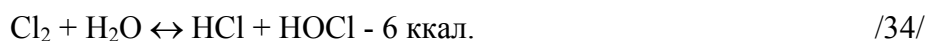
В большинстве случаев некоторая мутность воды допустима. Достаточно крупные рыбы хорошо переносят кратковременное (несколько дней) наличие взвешенных веществ в concentra-

ции 20 000 мг/л и даже 100 000 мг/л. Нормой можно считать мутность при содержании взвешенных веществ в несколько сотен мг/л.

Устранить взвеси в прудах можно с помощью внесения в воду гипса  $\text{CaSO}_4$  в количестве 200 - 900 кг/га или путем разбрасывания нарезанного сена, на котором осаждаются в воде частицы глины.

**СУЛЬФАТЫ.** Соли серной кислоты (сульфаты) присутствуют в большинстве пресных водоемов в количестве не более 20 - 30 мг/л. Больше всего сульфатов в засоленных водоемах, расположенных на грунтах, в которых содержится  $\text{CaSO}_4$ , в частности, в некоторых южных районах европейской части СНГ. Существенного влияния на жизнь гидробионтов сульфаты сами по себе не оказывают, но большое их содержание при обилии в воде органического вещества и плохой аэрации воды, может быть причиной образования сероводорода. Повышенное количество сульфатов (более 20 - 30 мг/л) свидетельствует о постоянном загрязнении водоема и требует мер по его предотвращению.

**ОСТАТОЧНЫЙ ХЛОР.** При использовании для рыбоводной цели питьевой воды из водопроводной сети города следует учесть результаты воздействия остаточного хлора, используемого для дезинфекции воды, на культивируемые объекты. Хлор, добавляемый в воду на городских станциях водоочистки, образует в воде токсичную хлорноватистую кислоту, являющуюся сильным окислителем



При использовании для дезинфекции воды хлорной извести также образуется хлорноватистая кислота



Использование в рыбоводных целях воды с остаточным количеством хлорноватистой кислоты ОПАСНО! Попадая в рыбоводную систему, хлорноватистая кислота вступает в реакцию с аммиаком, выделяющимся в воду как продукт жизнедеятельности водных организмов. В результате реакции образуются яды пролонгированного (длительного) действия  $\text{NH}_2\text{Cl}$ ,  $\text{NHCl}$ ,  $\text{NCl}_3$ . Вода с остаточными продуктами обработки хлором может быть использована для рыбоводных целей после предварительной обработки воды отстаиванием, барботажом сжатым воздухом, обработки гипохлоридом натрия.

**АЗОТ** - инертный газ, содержание которого в атмосферном воздухе составляет 78%. Азот хорошо растворяется в воде, его концентрация при равновесном насыщении выше, чем концентрация кислорода.

Азот опасен в рыбоводстве явлением, называемым газопузырьковой болезнью. Она возникает при перенасыщении воды азотом под давлением. При снижении давления азот в виде мелких пузырьков выделяется из воды, а также из крови рыб. Кровеносные сосуды закупориваются пузырьками азота, что приводит к травмам и гибели рыб. Особенно опасна эта болезнь для личинок рыб, не способным к активным передвижениям. На жабрах и теле малоподвижных личинок откладываются мелкие пузырьки азота, затрудняя водообмен тела и жабр с водой.

Чтобы избежать газопузырьковой болезни у рыб, в период инкубации и подращивания личинок используются устройства дегазации воды. Дегазация обеспечивает удаление из воды избыточного азота до момента подачи её в инкубационно-личиночные аппараты.

**МЕТАН** или болотный газ ( $\text{CH}_4$ ) является побочным продуктом анаэробного разложения. Сам по себе метан в низких концентрациях не токсичен для рыб, но свидетельствует о наличии процессов анаэробного разложения, что всегда неприемлемо, кроме случаев использования денитрификации в замкнутых рыбоводных установках. В системах с высокой плотностью рыбы развитие анаэробных зон может принять опасный лавинообразный характер.

**СЕРОВОДОРОД** - газ с характерным запахом гниющего белка ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Летом накапливается в придонных слоях озер. Очень токсичен для многих водных организмов даже при малых кон-

центрациях. Необходимо устранять его продуцирование, поддерживая в системе аэробные условия. Техника аэрации воды и насыщение ее техническим кислородом описываются ниже.

**ПРОЧИЕ ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ.** Вода, используемая для рыбоводных целей, может быть загрязнена сверх допустимых концентраций токсичными продуктами, употребляемыми в сельском хозяйстве (пестициды, гербициды) и отходами промышленных и городских стоков, содержащими тяжелые металлы. Последние не участвуют в процессе обмена у рыб, а накапливаются в их теле (ртуть, кадмий, мышьяк и т.д.).

Лабораторное определение концентрации этих загрязнений весьма сложное. Они определяются с помощью газо-жидкостной хроматографии. Однако, чтобы избежать неоправданных затрат на строительство рыбоводного хозяйства в районе предполагаемого загрязнения воды, лучше выполнить эти измерения.

## РОЛЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Роль макроэлементов изложена в предыдущем материале, их состав приведен в табл.5. Элементы, присутствующие в воде в микродозах Cu, Zn, Fe, Mn, Co, являются незаменимыми для организма и при их недостаточном количестве наблюдается не только снижение скорости роста, но и аномальные явления (табл.15).

Таблица 15

| Недостаток элемента | Процессы                                                                         |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Железо              | Малокровие                                                                       |
| Цинк                | Воспаление кожи и плавников                                                      |
| Медь и марганец     | Деформация костей, ненормальное развитие хвостовых плавников, уродливость головы |
| Молибден            | Регулирует потребление меди                                                      |
| Магний и фосфор     | Недоразвитие организма                                                           |

Повышенные концентрации микроэлементов вызывают хронические отравления рыбы. Допустимые верхние пороговые значения микроэлементов зависят от жесткости воды.

**ТОКСИЧНОСТЬ ЦИНКА** обусловлена его ионами и, возможно, суспензией цинкосодержащих веществ. Безопасный верхний предел концентрации цинка в зависимости от жесткости воды приведен в табл.16.

Таблица 16

### *Токсичность цинка*

| Жесткость воды в | ПДК цинка для лосо- | ПДК цинка для мало- |
|------------------|---------------------|---------------------|
|------------------|---------------------|---------------------|

| мг-экв/л | сей в мг/л | ценных рыб в мг/л |
|----------|------------|-------------------|
| 0,2      | 0,03       | 0,3               |
| 1,0      | 0,2        | 0,7               |
| 2,0      | 0,3        | 1,0               |
| 10,0     | 0,5        | 2,0               |

ТОКСИЧНОСТЬ МЕДИ. Токсичная основная форма меди - ион. В мягкой воде медь присутствует в форме иона. В жесткой воде медь аккумулируется во взвеси с органическими веществами. Зависимость токсичности меди от жесткости воды для форели приведена в табл.17.

Таблица 17.

*Токсичность меди*

| Жесткость воды в мг-экв/л | ПДК меди для форели в мкг/л |
|---------------------------|-----------------------------|
| 0,2                       | 5,0                         |
| 1,0                       | 22,0                        |
| 2,0                       | 40,0                        |
| 6,0                       | 112,0                       |

ТОКСИЧНОСТЬ КАДМИЯ. Соединения кадмия имеют ионную природу. Гидрат-ион кадмия  $[Cd(H_2O)_6]^{2+}$  стабилен, образует комплексы с органическим веществом. Верхний предел концентрации кадмия в зависимости от жесткости воды приведен в табл.18.

Таблица 18.

*Токсичность кадмия*

| Жесткость воды в мг-экв/л | ПДК кадмия для карпа и форели в мкг/л |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 0,2                       | 0,12                                  |
| 1,0                       | 0,18                                  |
| 2,0                       | 0,2                                   |
| 6,0                       | 0,3                                   |

Источником микроэлементов, необходимых для роста и нормального развития рыб, служат как корма, так и технологическая вода. В первом случае корма обогащаются витаминно-минеральным премиксом, во втором случае в воде создается необходимая концентрация микроэлементов. Для этой цели служит способ добавки в воду элементов с помощью пористых пластических материалов различной проницаемости.

Оптимальный диапазон концентрации микроэлементов приведен в табл.19.

Таблица 19

*Оптимальные концентрации элементов*

| Элемент  | Размерность | Диапазон оптимальных концентраций |
|----------|-------------|-----------------------------------|
| Магний   | мг/л        | 15 - 30                           |
| Марганец | мкг/л       | 2 - 10                            |
| Цинк     | мкг/л       | 3 - 30                            |
| Медь     | мкг/л       | 5 - 7                             |

Условия накопления и выноса микроэлементов в замкнутых по воде установках отличаются от условий проточных систем. На качество воды влияют количество и качество вносимых кормов, качество подпитывающей воды, процессы жизнедеятельности рыбы и микроорганизмов биофильтра. При длительной работе замкнутых рыбоводных установок состав технологической воды значительно изменяется: на 40% увеличивается содержание кальция, на 10 - 15% магния и кремния, в 5 раз больше становится калия, в два раза больше - бора, в 10 - 20 раз - хрома. Отсутствующая в подпиточной воде медь может превышать ПДК, зато практически исчезают марганец и цинк, отсутствуют кобальт и никель, а содержание молибдена и селена стабилизируется.

Поступающие в замкнутую по воде систему микроэлементы перераспределяются. Марганец в значительной степени выносится с осадком и потребляется микроорганизмами в биофильтре, почти исчезает из воды. Медь аккумулируется в осадках, но в большей степени остается и накапливается в воде. Железо концентрируется в осадках, но имеет тенденцию к накоплению в воде. Цинк активно мигрирует в системе, аккумулируется в осадках, в рыбе, используется микрофлорой, оказывается в дефиците. Кобальт и никель отсутствуют.

## ***ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ РЫБЫ***

### **КРИТЕРИИ ВЫБОРА ОБЪЕКТА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ И РЫБОВОДНЫЕ РАСЧЕТЫ**

Из десятков тысяч известных видов рыб, беспозвоночных и водорослей лишь очень немногие используются в аквакультуре. На выбор вида влияют факторы, связанные с экономикой, доступностью вида, биологией размножения, кормами и кормлением, пригодностью для выращивания при плотных посадках в аквакультуре и т.п. Для культивирования выбираются те виды, на которые существует спрос. Это может быть спрос на пищевое или технологическое сырье, аквариумные рыбы, или рыбы для украшения открытых водоемов. Продукция культивируемых видов должна быть конкурентоспособной с аналогичной продукцией, поступающей на рынок. Успех в реализации продуктов аквакультуры имеют те виды, спрос на которые традиционен в данной местности или имеется возможность транспортирования продукции в регионы с устойчивым спросом.

При культивировании в прудах и других открытых водоемах выбор объекта культивирования в значительной степени определяется природно-климатическим фактором. В зависимости от количества дней в году с температурой выше 15 °С данная местность может быть отнесена к одной из семи климатических зон (табл.20). Интервал между зонами составляет 15 дней с температурой выше 15 °С.

Таблица 20

### *Температурная характеристика зон рыбоводства*

| Зона | Количество дней с температурой выше 15 °С, среднее значение | Годовые значения сумм среднесуточн. температур дней с температурой выше 15 °С | Средние даты прохода температуры воздуха через 15 °С |               |
|------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------|
|      |                                                             |                                                                               | весной                                               | осенью        |
| 1    | 60 - 75                                                     | 1035 - 1340                                                                   | 07.06 - 18.06                                        | 14.08 - 25.08 |
| 2    | 76 - 90                                                     | 1294 - 1729                                                                   | 28.05 - 12.06                                        | 19.08 - 06.09 |
| 3    | 91 - 105                                                    | 1596 - 2046                                                                   | 23.05 - 22.06                                        | 29.08 - 22.09 |
| 4    | 106 - 120                                                   | 1950 - 2358                                                                   | 15.05 - 22.05                                        | 05.09 - 11.09 |
| 5    | 121 - 135                                                   | 2265 - 2955                                                                   | 05.05 - 13.05                                        | 12.09 - 05.10 |
| 6    | 136 - 150                                                   | 2645 - 3323                                                                   | 26.04 - 10.05                                        | 07.09 - 30.09 |
| 7    | 151 и выше                                                  | 2561 - 4122                                                                   | 12.04 - 05.05                                        | 25.09 - 23.10 |

Влияние климатического фактора таково, что в 1 и 2 зонах рыбоводства рыба достигает товарной массы на третьем году выращивания, а в остальных зонах на втором году.

Культивируемый вид должен быть доступен для получения посадочного материала в каком-либо виде. Так, например, культивирование угря сдерживается доступом к источникам посадочного материала. Нерест угрей происходит в Атлантическом океане в Саргассовом море. После нереста производители погибают. Из икры появляются личинки листовидной формы, совершенно непохожие на родительскую форму. Личинки подхватываются океаническим течением и мигрируют к берегам Европы в течение 3 лет. Основные поставщики личинок - французские и английские фирмы, отлавливающие их в эстуариях рек. Отлов молоди в естественных водоемах запрещен повсеместно рыбоохранными организациями.

Особенности биологического развития вида часто ограничивают возможности его использования в аквакультуре или требуют дополнительного внимания персонала. Особенно это характерно для беспозвоночных, которые в процессе своего развития от икринки до жизнестойкой молоди проходят множество стадий, отличающихся поведением, питанием и т.д. Большинство объектов аквакультуры имеют достаточно крупную икру с твердой оболочкой и жизнестойкую молодь. Выживаемость видов, имеющих мелкую икру, обусловлена ее большим количеством. Так самки лососей при массе 1,5 - 3 кг имеют плодовитость 2 - 2,5 тыс. икринок, в то время как самка карпа массой 6 кг откладывает до миллиона икринок;

Особое внимание требуют виды, отличающиеся канибализмом. Так, при выращивании угрей, необходима частая сортировка рыбы по размерам, так как лидеры стада в условиях сверхплотной посадки в аквакультуре поедают более мелких рыб. Склонность к канибализму может иметь самые отрицательные последствия в аквакультуре. Так, например, при выдерживании предличинок сибирского осетра в начале их питания внешним кормом нельзя запаздывать с подачей корма в бассейны, так как голодные личинки травмируют друг друга, пытаясь откусывать хвосты и плавники, что приводит к гибели пострадавших.

Особую роль при выборе вида культивирования играют корма или питание. Питание таких объектов аквакультуры как моллюски и водоросли полностью обеспечивается средой обитания - это растворенное органическое вещество, фито- и зоопланктон. Роль управления кормлением в этом случае заключается в размещении объекта в наиболее продуктивной зоне водоема. Управление выполняется путем подъема или заглубления садков или гирлянд с моллюсками и водорослями, их перемещение по акватории. Концентрация фито- и зоопланктона водоема может быть повышена специальными мероприятиями подкормки химическими или органическими удобрениями. Питание первичной продукцией водоемов (фито- и зоопланктон) и органическими останками на дне водоемов (детрит) характерно и для некоторых видов рыб, используемых в аквакультуре: толстолобики, кефаль, веслонос.

Для выращивания большинства других объектов аквакультуры рыб и ракообразных требуются более крупные кормовые организмы: черви, личинки насекомых, моллюски и т.д. Размеры кормовых организмов увеличиваются с ростом личинок рыб. Так как в аквакультуре при высокой плотности посадки естественные популяции кормовых организмов быстро истощаются, то рыбу переводят на кормление искусственными кормами. Как правило, для личинок используют многокомпонентные гранулированные корма, содержащие не менее 45% протеина, такие корма принято называть стартовыми. Но мере роста рыбы процентное содержание протеина в кормах снижается, что удешевляет их. Такие корма принято называть продукционными.

Доля естественных и искусственных кормов в рационе выращиваемых видов может варьироваться от 100% естественных кормов при выращивании в открытых водоемах, до 100% искусственных кормов при выращивании в промышленных системах. Соответственно, меняются и плотности посадки рыбы от весьма разреженных до максимальных 100-200 кг рыбы на куб.м.

Во многих случаях продукция аквакультуры может быть увеличена за счет использования поликультуры видов, способных жить в сообществе, улучшающем условия их совместного выращивания. Типичным примером может служить способ совместного выращивания в прудах карпа и щуки (судака, форели). Плотность посадки хищников и их размер выбирают такими, чтобы они не могли питаться за счет особей карпа среднего размера, но выедали отстающих в развитии особей и сорную рыбу, конкурирующую по питанию с карпом. В промышленных системах поликультура рыб помогает решить некоторые проблемы. Например, подсадка в бассейны с карпом некоторого количества тилляпии решает проблемы очистки бассейнов от обрас- таний. Тилляпия, не являясь конкурентом карпу по питанию гранулированными кормами, поедает его экскременты и биологические обрастания деталей бассейна, чем улучшает условия их совместного выращивания.

Характерным примером поликультуры в морской воде служит совместное выращивание мидии и морской капусты (ламинарии). Мидии, масса которых концентрируется на донных или подвесных плантациях, способствуют за счет процессов жизнедеятельности повышению концентрации в воде растворенных органических веществ (РОВ) в несколько раз по сравнению с фоном. Повышенное содержание РОВ оказывает положительное влияние на рост водорослей. При культивировании этих объектов в Белом море средняя масса ламинарии увеличивалась в поликультуре в 1,5 раза по сравнению с монокультурой.

Один из главных критериев для выбора вида культивирования - это изученность объекта и наличие разработанной технологии его выращивания. Если вид малоизучен и нет достаточно четкой технологии его выращивания, то культивирование этого объекта сопряжено с более высоким риском. После распада СССР ряд хорошо отработанных технологий потерял свое прежнее значение в связи с изменением экономической ситуации. Так, практически повсеместно, рыбоводы отказываются от технологии выращивания карпа с использованием полноценных гранулированных кормов. Высокие кормовые затраты при выращивании карпа на полноценных высококалорийных кормах делают продукцию неконкурентоспособной. Культивирование более ценных рыб (лососевые, осетровые), наоборот, переживает пору совершенствования технологий, так как производство этих рыб имеет высокую рентабельность.

## РЫБОВОДНЫЕ РАСЧЕТЫ

В рыбоводстве принято пользоваться рядом определений и расчетов, стандартизирующих оценку результатов рыбоводства.

РОСТ РЫБЫ описывается стандартным уравнением:

$$M_k = (M_0^{1/3} + 1/3 \times K_r \times K_z \times \tau)^3, \quad /37/$$

где  $M_k$  и  $M_0$  - конечная и начальная штучная масса рыбы в г;

$K_r$  и  $K_z$  - генетический и экологический коэффициенты, безразмерные величины;

$\tau$  - время выращивания рыбы от массы  $M_0$  до массы  $M_k$ , в сутках.

Генетический коэффициент роста рыбы  $K_r$  определяется ее природными свойствами, которые проявляются полностью в оптимальной среде обитания при оптимальном кормлении. Экологический коэффициент  $K_z$  определяется условиями жизни рыбы: температурой, наличием кислорода для дыхания, наличием качественного корма в нужном количестве. При оптимальных условиях среды и качественном корме  $K_z = 1$ . В этом случае рыба растет с максимальной скоростью, реализуя свои генетические возможности. При изменении условий среды обитания или кормления рыбы ее рост замедляется, значение  $K_z$  стремится к нулю.

Значение генетического коэффициента  $K_r$  связано с оптимальным для роста рыбы значением температуры воды. Холоднолюбивые рыбы (форель, лосось), оптимальные температуры для которых лежат в пределах 13 - 17 °С, более тугорослы по сравнению с видами, для которых оптимальная температура воды лежит в пределах 20 - 25 °С (карп, осетр).

Для практики рыбоводства пользование коэффициентами  $K_r$  и  $K_z$  затруднительно, так как различить причину задержки роста по вине неоптимальных условий среды или генетической неполноценности посадочного материала не представляется возможным. Удобнее оценивать скорость роста коэффициентом

$$K_p = K_z \times K_r. \quad /38/$$

Уравнение 37 приобретает вид:

$$M_k = (M_0^{1/3} + 1/3 \times K_p \times \tau)^3. \quad /39/$$

Область изменения коэффициента  $K_p$  лежит в пределах от нуля до  $K_p = 0,12$ . Причем, значения  $K_p = 0,05 - 0,06$  соответствуют скоростям роста форели, а более высокие значения характеризуют рост осетров, карпа и т.п. При  $K_p = 0,05$  рыба набирает массу от 10 до 500 г за 198 сут, а при  $K_p = 0,12$  за 83 сут.

Максимальный рост рыбы наблюдается до полового созревания, начинающегося с активного роста репродуктивных тканей. Созревание самцов начинается обычно раньше, чем созревание самок. В период активного роста репродуктивных органов темпы набора массы рыбы снижаются. У форели и карпа снижение темпа роста может проявиться после набора массы 400 - 500 г, у сибирского осетра после набора массы 4000г.

Индивидуальный рост рыб, содержащихся в одном объеме (садке, бассейне, лотке) значительно отличается. В стае рыб всегда имеются лидеры, аутсайдеры и группа рыб, растущих со средней скоростью. При изъятии из стаи лидирующей группы рыб из оставшейся части стаи выделяются новые лидеры. Чтобы получить максимальное количество рыб, растущих со скоростью лидеров, рыбоводы сортируют стадо на размерные группы, в каждой из которых появляются новые лидеры.

**КОРМЛЕНИЕ.** Энергия корма, потребленного рыбой, расходуется по трем основным направлениям. Часть энергии расходуется на построение тканей организма (прирост массы тела), часть энергии затрачивается на двигательную и пищеварительную деятельности и, наконец, часть энергии корма не усваивается организмом и выделяется вместе с экскрементами. Задача рыбовода - получить максимальный прирост массы рыбы при минимуме расхода корма. Активность использования корма на прирост массы рыбы оценивается кормовым коэффициентом

$$KK = \frac{\text{Масса затраченного корма}}{\text{Прирост массы рыбы}}$$

При использовании сухих гранулированных кормов значение КК может быть менее единицы, так как оценивается сырая масса тела рыбы и масса сухого корма. Если рыба частично подкармливается, а частично питается за счет кормовых организмов водоема, то кормовой коэффициент также может быть менее единицы. Если корм задается, но не поедается рыбой, или поедается, но его недостаточно для прироста массы рыбы, то значение кормового коэффициента возрастает.

Рациональное использование корма, стоимость которого в цене товарной рыбы при индустриальном выращивании составляет 35 - 50%, одна из главных задач рыбовода. Количество кор-

ма, задаваемого рыбе ежедневно, принято оценивать в процентах от массы ее тела. Абсолютное значение суточного рациона в граммах  $g$  равно суточному приросту массы тела  $dM/dt$  в г/сут, умноженному на кормовой коэффициент

$$g = K \times dM / dt \text{ (г)}. \quad /40/$$

Количество корма, задаваемого в сутки на данный объем (бассейн, садок, лоток) определяется уравнением

$$G = g \times n \times 10^{-3} \text{ (кг)}, \quad /41/$$

где  $n$  - количество рыб в объеме (шт).

Для удобства расчета рационов кормления предлагаются номограммы: зависимости массы рыбы во времени при различных скоростях роста  $K_p$  в пределах от 0,05 до 0,12 и соответствующие им суточные приросты массы рыбы  $dM/dt$  во времени (рис.22). Исходными данными для расчета рациона кормления являются масса рыбы и скорость ее роста. Один из путей определения этих параметров - контрольные обловы рыбы. Контрольное взвешивание дает массу рыбы, а по результатам двух контрольных обловов, проведенных с интервалом времени  $\Delta t$  (сут), рассчитывается по формуле значение  $K_p$ :

$$K_p = \frac{3 \times (M^{1/3} - M_0^{1/3})}{\Delta t}. \quad /42/$$

По найденной величине  $K$  выбирается соответствующая кривая  $M = f(\tau)$ , далее по известному значению  $M$  и кривой находится значение  $\tau$  и по нему на соответствующей кривой  $dM/dt = f(\tau)$  (нижние кривые номограмм) определяется значение прироста массы  $dM/dt$ . Далее, с помощью уравнений 40 и 41, находится количество корма, предназначенного для раздачи рыбам. Значение кормового коэффициента обычно задается заводом-изготовителем корма. Однако, при неправильной дозировке кормовой коэффициент может изменяться в широких пределах. Увеличение кормового коэффициента происходит как по причине недоедания, так и по причине пере дозировки корма. При недоедании большая часть энергии корма идет на покрытие энергетических затрат рыбы на движение и пищеварение, а для прироста массы энергии не хватает. При пере дозировке растут прямые потери корма.

В практике рыбоводства принято задавать рационы кормления в табличной форме. Рацион определяется с помощью таблиц по массе рыбы, получаемой с помощью контрольных обловов, и температуре воды. Замена вычисления коэффициента  $K_p$  измерением температуры воды отчасти справедливо, так как для многих рыбоводных установок температура является главным, хотя и не единственным фактором, влияющим на скорость роста рыбы. Пользование такими таблицами при дефиците кислорода или при присутствии в воде токсичных веществ неприемлемо, так как эти факторы затрудняют усвоение корма рыбой.

В зарубежной практике и, отчасти, в отечественной, расчеты связанные с ростом рыбы, рационами кормления, запасами и расходом кормов и прочие рыбоводные расчеты выполняются с использованием персональных компьютеров.

**ИСКУССТВЕННЫЕ КОРМА.** К искусственным можно отнести все виды кормов, вносимых в воду для кормления рыбы, в том числе рыбный фарш, зерно, шроты и т.п., а также смеси, составленные из различных компонентов. При наличии частичного питания рыбы естественными кормами в открытых водоемах подкормка случайными, мало соответствующими потребностям рыбы кормами, более служит для удобрения водоема, так как из этого корма усваивается обычно только 1/8 - 1/10 часть. Физиологически правильное кормление требует, чтобы корма были полноценными, то есть содержали все компоненты питания, необходимые для нормального роста и развития организма. Корм должен быть сбалансирован по основным элементам питания.

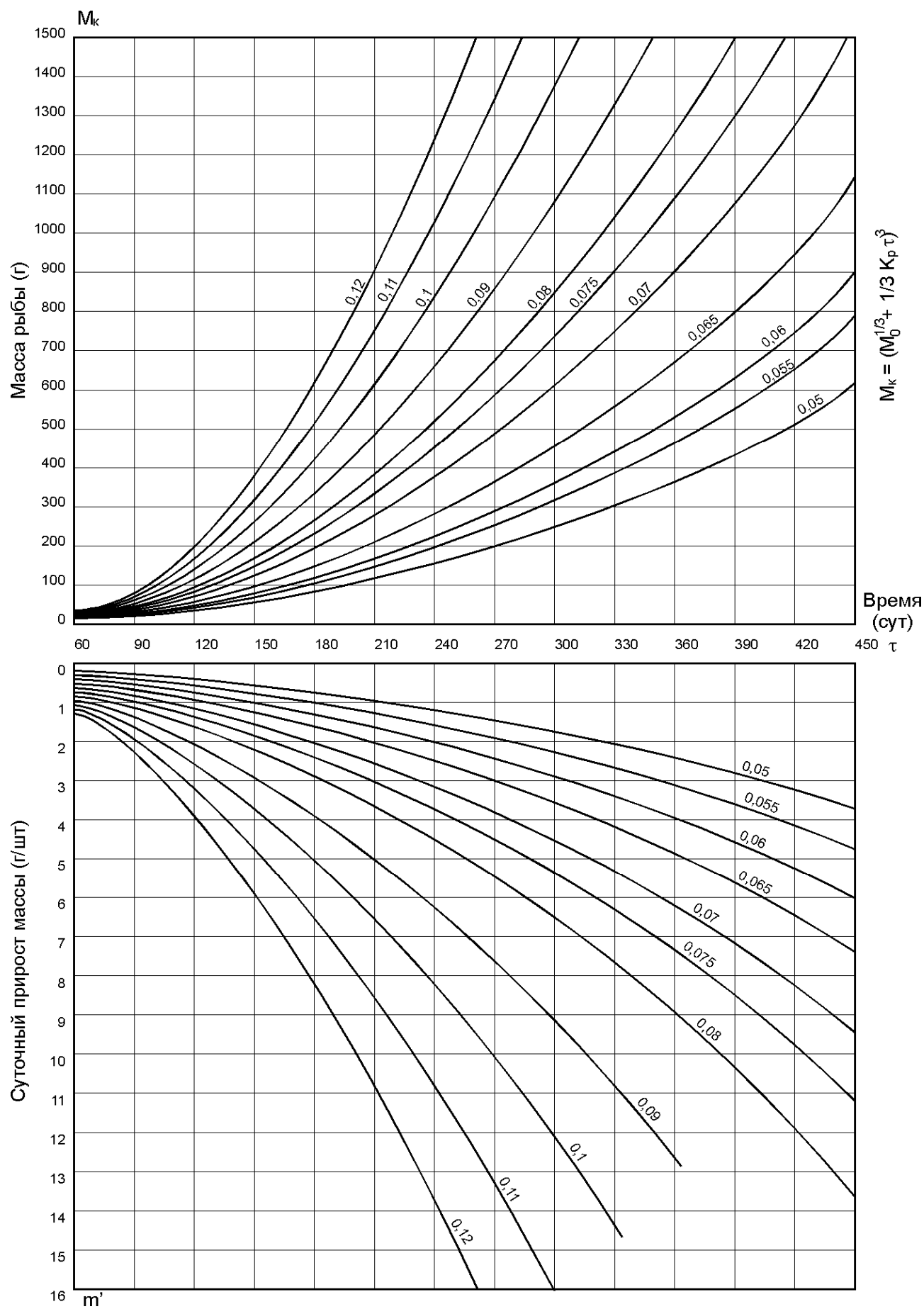


Рис.22.

Потребность рыбы в структурных элементах питания не остается постоянной. Она изменяется в зависимости от возраста, размера, половой зрелости рыб, гидрохимических свойств и температуры воды, а также от качественных особенностей самих питательных веществ корма. Основные составляющие корма: протеин, жир, углеводы, минеральные вещества и витамины.

**ПРОТЕИН** - основная составная часть живой материи, образующая большую часть органического вещества рыбы. Это сырой материал для роста тканей и органов, необходимый организму на всех стадиях жизненного цикла. Кормовой протеин включает как белковую, так и небелковую формы азота.

**ЖИР** - является основным источником энергии в кормах и участвует в обеспечении физиологических функций организма. Мягкие жиры животного и растительного происхождения прекрасно усваиваются рыбой (на 90 - 95%) и, обеспечивая организм энергией, способствуют снижению непроизводительных затрат белка, высвобождая его для построения массы. В то же время твердые жиры обладают невысоким биологическим эффектом, так как усваиваются только на 60 - 70%, а при низкой температуре воды могут закупорить пищевой тракт молоди.

Увеличение жирности корма сопровождается повышением жирности рыб.

При длительном хранении корма существует опасность окисления жиров. Отравление рыбы окислившимися жирами вызывает такие осложнения, как обеление печени и жабр, цирроидное перерождение печени, дегенеративное изменение почечных канальцев. Симптомы отравления окисленным жиром имеют много общего с комплексным авитаминозом.

Для предотвращения окисления жиров в корм вводят антиокислители (естественные и синтетические вещества).

**УГЛЕВОДЫ** - являются наиболее дешевыми и доступными источниками энергии. Характер и этапность углеводного обмена у рыб такие же, как и у других животных. Содержание углеводов в корме рыб ограничивается для лососевых до 20 - 30%, для карпа допускается несколько большее количество углеводов.

**МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА** - необходимы для нормальной жизнедеятельности рыб. Минеральные вещества в виде солей поступают в организм не только с пищей, но и из воды через жабры, слизистые покровы ротовой полости и кожу. Содержание в корме минеральных веществ становится менее важным, если рыба живет в соленой воде с высокой ионной активностью (см. раздел "Качество воды").

**ВИТАМИНЫ** - незаменимые для жизни органические вещества разнообразной структуры, выполняющие функции биокатализаторов процессов, протекающих в живой клетке, и участвующие в обмене веществ. Биосинтез витаминов осуществляется в основном вне организма животного, поэтому животное должно получать витамины извне, с пищей. Успешный перевод рыбы с естественной пищи на комбикорма стал возможным только после изучения потребности рыбы в витаминах.

Используемые для составления корма для рыб ингредиенты содержат недостаточное количество витаминов, поэтому в корма дополнительно вводится смесь витаминов (премикс) с антиокислителем и наполнителем.

В качестве ингредиентов в корма вводятся злаковые культуры (пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза и т.п.). Содержание протеина в зерне составляет, как правило, от 5 до 20%, углеводов 49 - 86%, сахара 3 - 5%, клетчатки 2 - 30%.

Протеин пшеницы хорошо усваивается рыбой. Например, из 1 кг пшеницы карп усваивает до 0,5 кг питательных веществ. Ячмень, рожь, овес обладают более низкой пищевой ценностью.

Широко применяются отходы маслобойного промысла в виде жмыхов и шротов (подсолнечный, соевый, арахисовый, хлопковый), а также отходы мукомольной промышленности.

Основным и наиболее важным источником питательных веществ в корме является рыбная мука, изготавливаемая из рыбы и рыбных отходов. Из кормов животного происхождения используется мясокостная мука, кровяная мука, крилевая мука, а также продукты переработки молока (сухой обрат, обезжиренное молоко).

Корма микробного происхождения, получаемые путем промышленного биосинтеза с помощью дрожжей, имеют высокое содержание белков и часто используются как компонент корма.

Жировые продукты в кормах имеют животное и растительное происхождение. Использование жиров животного происхождения ограничено жидкими жирами (рыбий жир, китовый и крилевый). Используется также растительное масло и фосфатиды - отходы переработки растительного масла.

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРМОВ.** При изготовлении сухих кормов исходные составляющие измельчаются до 0,1 - 0,2 мм, затем смешиваются и увлажняются острым паром при температуре 140 - 160 °С при давлении 0,45 - 0,75 Мпа. При изготовлении гранулированных кормов увлажненная до 14,5 - 17,6% смесь с добавлением жиров сжимается во вращающейся кольцевой матрице и выдавливается через фильеры нужного диаметра. Выдавленная масса режется на цилиндрики нужной длины, а крошка отсеивается.

При изготовлении экструдированных кормов влажность исходной кормосмеси поднимается до 21%, выдавливание осуществляется поршнем или шнеком через матрицу с отверстиями нужного диаметра. Экструзия корма повышает усвояемость питательных веществ, кроме того, позволяет снизить количество белка в корме и часть энергетических потребностей рыбы, обычно покрываемых за счет протеина, обеспечить за счет углеводов. Экструдирование кормов способствует процессу клейстеризации крахмала, гидролизу сложных углеводов на более простые, денатурации белка, снижению грибковой и бактериальной загрязненности сырья. Высококачественные и высокоэнергетические корма изготавливаются только экструдированием.

Выпускаемые промышленностью искусственные корма для рыб характеризуются следующими показателями.

**УСВАИВАЕМАЯ ЭНЕРГИЯ КОРМА.** Обычно указывается либо в ккал/кг, либо в МДж/кг. Соотношение составляет 1 МДж = 238 ккал. Усваиваемая энергия корма лежит в пределах от 3300 ккал/кг или 14 МДж/кг до 5600 ккал/кг или 23,5 МДж/кг. Высокоэнергетические корма выполняются, как правило, методом экструзии, они лучше усваиваются рыбой. Выход неосвоенной части корма с фекалиями снижается, что способствует снижению загрязнения воды экскрементами рыбы. Данные по эффективности кормов в зависимости от их несущей энергетической способности приведены в виде табл.21. Использование высокоэнергетических кормов способствует более быстрому насыщению рыбы, поэтому, чтобы избежать перекармливания, кормление следует вести по таблицам, прилагаемым к партии корма. Кормление таким кормом по поедаемости его рыбой ведет к перерасходу корма и снижению кормового коэффициента.

**ПЛАВУЧЕСТЬ КОРМА.** В зависимости от удельного веса гранул корма, последние, попадая в воду, либо тонут тотчас же, либо некоторое время плавают, и тонут после намокания. Если рыба питается донным кормом (осетр), то преимущественно используются тонущие корма. Для рыб, приспособленных питаться в толще воды, используются также плавающие корма, скорость погружения которых зависит от их намокаемости.

Таблица 21

*Характеристика искусственного корма для рыб в зависимости от его энергетической ценности по W.Steffens*

| Энергетическая<br>ценность корма,<br>ккал/кг; МДж/кг | Усвоение<br>энергии ры-<br>бой, % | Кормовой<br>коэффициент | Выброс органического загрязнения<br>в воду с фекалиями в г на кг прироста<br>массы рыбы |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|

|           |    |      |     |
|-----------|----|------|-----|
| 3300 / 14 | 72 | 1,43 | 450 |
| 3500 / 15 | 75 | 1,33 | 380 |
| 3800 / 16 | 78 | 1,25 | 320 |
| 4000 / 17 | 81 | 1,18 | 280 |
| 4180 / 18 | 84 | 1,11 | 220 |
| 4500 / 19 | 87 | 1,05 | 180 |
| 4750 / 20 | 90 | 1,00 | 150 |

**ВОДОСТОЙКОСТЬ КОРМА.** Попав в воду, гранулы корма намокают, теряя свою структуру. При этом вымываются водо-растворимые витамины, корм теряет свою питательную ценность. В зависимости от способа изготовления корма их водостойкость изменяется от нескольких минут до нескольких часов.

**РАЗМЕР ГРАНУЛ.** В зависимости от размера рыбы в рыбоводстве используются корма с различными размерами гранул (от 1,3 до 9 мм). Стартовые корма изготавливаются также в виде крупки, получаемой после дробления гранул. Размер крупки обозначается номерами от 0 до 4.

**СРОК ХРАНЕНИЯ КОРМА.** Срок хранения зависит от скорости окисляемости его компонентов. Сухие корма с большим количеством жира без использования антиокислителей пригодны к использованию не более двух месяцев. Корма с использованием антиокислителей пригодны к использованию до 6 месяцев.

**КРОШИМОСТЬ КОРМА.** Качественные корма поставляются в виде крупки или гранул определенного диаметра. Количество отсева в гранулах обычно регламентируется в %. Количество отсева не должно превышать 5%.

Корма в виде крупки должны поставляться россыпью без комков,

**ЗАПАХ КОРМА.** Качественный корм имеет запах, соответствующий набору компонентов комбикорма, без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов.

**ВЛАЖНОСТЬ КОРМА** оговаривается в сертификате, она составляет не более 13,5%.

**ПОСТАВКИ КОРМА.** При небольших объемах потребления и отсутствии специальных хранилищ корма наиболее удобный вид поставки корма - в мешках по 25 кг. Поставка корма для крупных производителей может осуществляться россыпью. Для доставки корма россыпью требуется специальный транспорт, а для его хранения на рыбоводном предприятии требуются оборудованные бункеры. При длительном хранении больших масс корма необходимо выполнять мероприятия против его возможного самовозгорания.

## РЫБОВОДНАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ

В российской литературе по рыбоводству и в рыбоводной практике принято пользоваться специальными терминами, упрощающими общение специалистов. Чаще всего терминами обозначают стадии жизни рыб, выращиваемых в прудах, в условиях смены времен года.

**ИКРА.** Обычно этот термин используют с дополнительным определением. Когда речь идет о количестве икры у самки используется термин - *абсолютная плодовитость* (количество икринок, находящихся в яичниках самки). *Рабочая плодовитость* характеризует количество икры, выметанное самкой (часть икры остается не выметанной). Поскольку количество икринок у самки зависит от ее размера и массы тела, то применяют термин - *относительная плодовитость* (количество икринок, приходящихся на единицу массы самки).

*Оплодотворенная икра* - икра, получившая развитие после оплодотворения (часть икры по различным причинам не оплодотворяется и гибнет).

**ЛИЧИНКИ** - постэмбриональная стадия развития рыб, у которых запасы питательного вещества в яйце недостаточны для полного формирования организма. После выклева из яйца личинки ведут самостоятельную жизнь. На первых порах развитие личинки идет за счет энергии, сохраняющейся в желточном мешке (эндогенное питание). Далее личинка переходит на питание доступным ей внешним кормом (экзогенное питание). Переход на внешнее питание сопровож-

дается, как правило, значительным отходом личинок, поэтому разделяют понятие *личинка* и *личинка, перешедшая на активное питание*.

Превращение личинки рыб во взрослое животное (метаморфоз) характеризуется перестройкой организации и сменой поведения.

**МОЛОДЬ** (малек) - сформировавшееся животное. При прудовом выращивании различают: *сеголеток* - рыба, сформировавшаяся в водоеме до конца вегетационного периода в первый год жизни, *годовик* - перезимовавший сеголеток, *двухлеток* - рыба на втором году выращивания, начиная со второй половины лета и до осени.

Для рыбоводных установок с регулируемой температурой воды термины сеголеток, годовик, двухлеток теряют смысл, так как развитие рыбы идет при постоянной (оптимальной) температуре без смены сезонов.

В этом случае стадия развития рыбы характеризуется ее средней массой.

**ПОСАДОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ** - этим термином обычно обозначают ту рыбу, которую приобретают для дорастивания в хозяйстве. Это могут быть личинки рыб, либо годовики. Термин может быть отнесен также и к оплодотворенной икре, и к двухлеткам.

### **КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ЛОСОСЕВЫХ**

Лососевые рыбы, обладая высокой пищевой ценностью, представляют значительный интерес как объект культивирования. Объем лососей в общей массе мирового улова рыбы составляет не более одного процента, но благодаря их высокой ценности стоимость продукции лососей достигает 15% в общем объеме рыбной продукции. Большая часть лососей нагуливается в море, а нерестится в пресных водоемах. Половозрелые лососи заходят из морей в реки и, откладывая икру в каменистый и песчано-галечный грунт, погибают. Перед выметыванием икры лососи роют ямки, а после выметывания икры засыпают кладку грунтом таким образом, что образуются бугры. Икра развивается в условиях грунтового бугра, затем из него выходят выклюнувшиеся личинки, которые развиваются некоторое время в реке, а впоследствии скатываются в море. Длительность периода развития молоди лососей в реке зависит от их видовой принадлежности и колеблется от нескольких недель до 2 - 3 лет жизни. Переход молоди из пресной воды в соленую связан со значительными изменениями организма (смолтификация). Изменяется окраска рыбы, она серебрится, идет подготовка организма к жизни в соленой воде (осморегуляция).

Жизненный цикл жилых форм лососей начинается и завершается в пресных водоемах без захода на нагул в соленую воду морей.

Основу жизни лососей составляют чистые быстрые реки с многочисленными перекатами и выходами грунтовых вод (ключами). В этих водоемах лососи становятся легкой добычей рыбаков. Перелов и загрязнение рек лесосплавом, бытовыми и промышленными отходами губительны для существования популяций лососей. Современная техника лова лососей ярусными сетями в открытом море также наносит серьезный ущерб их популяциям.

Наибольший экономический интерес представляют две популяции лососей - атлантические (род сальмо) и тихоокеанские (род онкоринкус). Основной пресс перелова и уничтожения естественных нерестилищ испытывают именно эти популяции.

Среди лососей рода онкоринкус самое видное место в аквакультуре занимает радужная форель. В естественных условиях этот вид живет и размножается в реках Северной Америки от Аляски до Мексики. С конца прошлого столетия радужная форель акклиматизирована в ряде стран земного шара: Япония, Австралия, Германия. Этот вид обладает большой пластичностью к изменениям температуры и солености воды, имеет хорошие вкусовые качества, хорошо развивается в плотных посадках аквакультуры. Эти качества определили распространение форели как объекта культивирования на всех континентах. Радужная форель - один из самых изученных видов среди лососей, технология ее культивирования самая отработанная, имеются достаточно совершенные машины, механизмирующие труд форелеводов, выпускаются разнообразные

сухие гранулированные корма для форели. Объем товарного производства форели в аквакультуре составляет десятки тысяч тонн.

На территории СССР форель разводится с 1936 г. в Ленинградской и Курской областях. В настоящее время этот вид культивируется практически повсеместно.

Кроме чистого вида радужной форели, полученной из природы, в аквакультуре используются селекционированные виды и гибриды. Селекционирование позволяет путем отбора икры и производителей по многочисленным признакам создать высокопродуктивное стадо, например, форель Дональдсона. Эта форель - результат длительной селекционной работы, проведенной профессором Л.Р.Дональдсоном. За период селекции ему удалось вывести быстрорастущую, высокопродуктивную форму форели с большой индивидуальной плодовитостью. В связи с искусственным происхождением форель Дональдсона не имеет естественного ареала обитания, однако, завезена и культивируется повсеместно.

Один из путей совершенствования товарного производства форели - замена чистых видов гибридами. Гибридное осеменение икры способствует более высокой оплодотворяемости. Наблюдается более высокий темп роста молоди гибридов, более высокая жизнестойкость. Широкое практическое применение получил гибрид радужной форели и канадской семги - камплоос. Этот гибрид известен также под названием - арктический лосось. Является объектом выращивания в пресноводных водоемах умеренных и холодных зон. Как объект культивирования хорошо освоен в Мурманской и Архангельской областях и Карелии.

Другой известный в Европе вид - атлантический лосось, не нашел широкого применения в товарной аквакультуре. Численность популяции атлантического лосося поддерживается за счет воспроизводства молоди на рыболовных заводах, которые выпускают её в реки. Нагул лососей в реках и морях вплоть до возвращения в реки на нерест происходит на естественных кормах (пастбищное рыболоводство). Лососи обладают способностью возвращаться на нерест в те реки, в которых они были воспроизведены. Эту способность называют хоминг. Не все виды лососей обладают этой способностью в равной степени. Лососевые рыболовные заводы России, расположенные в европейской ее части выпускают на нагул миллионы штук семги, балтийского, каспийского и черноморского лососей.

Стада тихоокеанских лососей более многочисленны, так как большинство рек, впадающих в моря Тихого океана достаточно чисты и многоводны. Наибольший интерес с точки зрения искусственного разведения тихоокеанских лососей представляют осенняя кета, горбуша и кижуч. Кета и кижуч обладают достаточно высоким хомингом, их молодь проводит в реке значительный отрезок времени перед скатом в море, активно в ней питается и набирает до ската определенную массу. Молодь горбуши скатывается в море сразу же после выхода из бугров, в реке не питается, половозрелые рыбы могут зайти на нерест в другие реки. Рыболовные заводы Дальнего Востока России выпускают на нагул в море сотни миллионов штук молоди, однако, потенциальные возможности региона к воспроизводству лососей и получению высококачественной продукции не исчерпаны. В большей степени это относится к рекам и ручьям Приморья, впадающих в Японское море. Освоение небольших рек и ручьев Приморья, некогда богатых стадами кеты, горбуши, кижуча и симы, под силу только с привлечением фермерского рыболоводства, работающего на партнерской основе с государственными рыболовными предприятиями.

Результаты такого сотрудничества в Японии позволили полностью восстановить лососевые стада островов Хоккайдо и Хонсю до их потенциально возможного уровня.

Лососевые рыбы рода сиговых (пелядь, озерные сиги, чир, муксун, омуль) являются в России ценным объектом промышленного рыболоводства. Эти рыбы распространены в водоемах Европейского Севера, Сибири, Урала, акклиматизированы в средней полосе России. Наиболее эффективный способ выращивания этих рыб осуществляется в два этапа, сначала в течении 25 - 30 суток в бассейнах, затем до возраста сеголетка в садках, установленных в прудах и озерах,

## ФОРЕЛЕВОДСТВО

Радужная форель относится к холодноводным тугорослым рыбам. Оптимальная температура выращивания форели 16 - 18 °С. При температуре выше 22 °С Форель прекращает питаться, при снижении температуры ниже оптимальной рацион питания форели уменьшается. Зимовка форели в пресной воде естественных водоемов проходит нормально. При выращивании форели в соленой воде нижний порог температуры зависит от солёности: для солёности до 8‰ порог не ниже 0,5 °С, 8 - 15‰ - не ниже 0 °С, 16 - 20‰ - не ниже 0,05 °С, 21 - 25‰ - не ниже 2 °С, выше 25‰ - не ниже 4 °С.

Жизненный цикл форели в аквакультуре начинается с осеменения отцеженной рыбоводом икры спермой и помещения ее в инкубационные аппараты. Для получения икры и спермы используют созревших производителей. Рыбоводный расчет количества производителей осуществляется по следующим усредненным данным (табл.22).

При наступлении нерестового периода (март - апрель) из маточного стада отбирают лучших производителей и помещают их раздельно. В садках производителей размещают в расчете 25 - 30 шт/кв.м. За производителями ведется ежедневный контроль и, как только икра созреет, приступают к отцеживанию икры. Для этого у трех-пяти самок (обернутых чистым полотенцем) выдавливают икру в чистый таз. Затем берут двух-трех самцов и отцеживают сперму на икру, осторожно помешивая ее гусиным пером. Этот способ называют сухим. Затем добавляют немного воды и делают паузу 3 - 5 мин. За это время происходит оплодотворение икры. Считают икру весовым, объемным или счетным методами. Опасно брать икру от незрелых самок - это снижает процент оплодотворенной икры.

При массовом производстве процесс отбора икры облегчается путем наркотизации производителей трихлорбутилалкоголем (3 - 4 г на 10 л воды). Наркоз длится 2 - 10 мин, что достаточно для выполнения операции.

Степень оплодотворения икры повышается применением стимулирующего раствора Хамора. Состав раствора: в 1 л воды растворяют 6 г NaCl + 0,2 г CaCl<sub>2</sub> + 4,5 г Co(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>.

При наличии половых продуктов хорошего качества и правильно проведенном искусственном оплодотворении процент оплодотворения достигает 90 - 100.

Таблица 22

## Нормативы использования производителей форели

| Наименование                                        | Единица измерения | Норматив  |
|-----------------------------------------------------|-------------------|-----------|
| Средняя масса: самцов                               | кг                | 0,8 - 0,3 |
| самок                                               | кг                | 0,5 - 1,5 |
| Средняя рабочая плодовитость самок на кг массы тела | тыс.шт.           | 2,0       |
| Оплодотворяемость икры                              | %                 | 95        |
| Соотношение количества самок и самцов               | -                 | 3:1       |
| Резерв производителей: самок                        | %                 | 50        |

|                                                |     |    |
|------------------------------------------------|-----|----|
| самцов                                         | %   | 10 |
| Продолжительность использования производителей | лет | 4  |

Закладка икры в инкубационные аппараты и их водоснабжение производятся в соответствии с инструкциями для каждого вида аппарата (см. раздел "Инкубационные аппараты"). С точки зрения экономии места для размещения инкубационных аппаратов, экономии строительных затрат и экономии воды использование инкубационных аппаратов Вейса предпочтительно. Форелеводы ГДР разработали методики использования 7, 20 и 80 литровых аппаратов Вейса. Загрузка в 7 л аппарат составляет 35 - 45 тыс.шт икринок, в 20 л - 75 - 117 тыс.шт, в 80 л - 450 - 650 тыс.шт. Проточность в период инкубации до стадии пигментации глаз поддерживается на уровне: 7 л - 0,04 - 0,06 л/с, 20 л - 0,08 - 0,1 л/с, 80 л - 0,8 л/с.

Продолжительность периода инкубации 320 - 360 градусоидней, выход свободных эмбрионов из икры в среднем составляет 90%. При массовой закладке икры процент выхода свободных эмбрионов уменьшается.

В период инкубации икра может поражаться сопролегнией и погибать в массовом количестве. Методом борьбы с сопролегнией служит периодический отбор мертвой икры и обработка ее на стадии глазка дезинфицирующими растворами.

Отбор пораженной и мертвой икры достаточно просто производится флотационным способом в растворе поваренной соли. Готовят два раствора: А - с плотностью 1040 и Б - 1110 кг/м<sup>3</sup>. Икру сначала помещают в раствор А, в котором пораженная сопролегнией икра всплывает, ее удаляют. Лежащую на дне икру помещают в раствор Б. Неоплодотворенная икра постепенно тонет, а плавающую икру промывают и возвращают в инкубационные аппараты. Весь процесс должен протекать с возможно большей скоростью (на практике 13 - 15 мин).

Температурный режим инкубации до стадии пигментации глаз поддерживается в пределах от 5 до 10 °С, а далее температуру можно поднять до 12 °С.

Против грибковых заболеваний икры в ток воды вносятся следующие вещества: малахитовый зеленый - 1 - 2 мг/л, 1 час ежедневно; формалин (30%) - 1 - 2 мг/л, 15 мин ежедневно; метиленовая синь - 5 - 20 мг/л, 15 мин ежедневно. В замкнутых системах водоснабжения применение дезинфицирующих средств исключено, а дезинфекция осуществляется за счет использования ультрафиолетового облучения.

Перевозка икры форели возможна на стадии глазка.

Выклюнувшиеся личинок форели размещают в лотках или бассейнах, где они выращиваются до массы 1 - 2 г. Плотность посадки личинок до перехода на активное питание составляет 10 тыс.шт/кв.м. После перехода на активное питание за счет отхода личинок плотность снижается до 9 тыс.шт/кв.м. Расход воды подбирается таким образом, чтобы содержание кислорода на выходе из бассейна не снижалось ниже 70% насыщения. Оценка качества воды приведена в соответствующем разделе.

Прикорм личинок начинается после того, как желточный мешок рассосется на 2/3 и 10% молоди способны принимать корм. Корм вносят на продолжении 12 часов каждые 30 - 60 мин. Рацион кормления выбирается по соответствующим таблицам.

Состояние молоди постоянно контролируется. В случае необходимости проводятся ванны от эктопаразитов.

Продолжительность выращивания молоди от выклева до массы 1 г составляет 60 - 80 дней, отход 30 - 35%.

При использовании мягкой воды при выращивание форели в корм добавляются минеральные добавки, компенсирующие недостаток минерального состава воды.

Выращенная до массы 1 - 2 г молодь форели пригодна для дальнейшего выращивания в прудах, садках, промышленных установках.

**ПРУДЫ** для выращивания молоди форели должны иметь интенсивный водообмен и соответствующую температуру воды. Для получения в пруду 50 тыс.шт сеголетков форели необходимо иметь расход воды равным 10 л/с при исходной плотности посадки 100 шт/куб.м. При такой плотности посадки необходимо интенсивное кормление молоди сухими гранулированными кормами. При кормление молоди естественной пищей исходная плотность посадки молоди снижается до 2 - 10 шт/куб.м. Ожидаемый выход сеголетков 50%.

**САДКИ** для выращивания сеголетков форели выполняются из дели 6 мм, но размер молоди при посадке должен быть не менее 2 г. Дель с ячейей 3 - 4 мм удерживает молодь меньшего размера, но такое сетное полотно быстро забивается и его приходится часто чистить. Ориентировочная плотность посадки подращенной молоди составляет 300 - 500 шт/куб.м. Размещение садков должно обеспечивать в них достаточный водообмен, а температура воды в них не должна повышаться выше 20 °С.

**ЛОТКИ и БАССЕЙНЫ** для выращивания сеголетков форели из молоди массой 1 - 2 г имеют глубину воды до 0,6 м. Используются лотки из различных материалов размером 4 × 0,8 × 0,8 м и круглые или квадратные бассейны с закругленными углами площадью до 8 кв.м. Для защиты от непогоды и рыбоядных птиц лотки и бассейны устанавливаются, как правило, в помещениях.

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ** бассейнов организуется таким образом, чтобы обеспечить потребности рыбы в кислороде и вынос продуктов жизнедеятельности. Вынос твердых частиц загрязнений обеспечивается течением в бассейнах и лотках. При наличие ощутимого течения и плотных посадках рыбы твердые частицы, не оседая, выносятся о током воды. Для молоди массой 1 г скорость поддерживается в пределах 0,5 - 1 см/с, для молоди массой более 1 г - в пределах 1 - 3 см/с. Удельное потребление кислорода молодью зависит от ее массы (табл.23)

Таблица 23

*Удельное потребление кислорода молодью форели при 15 °С  
и  
интенсивном кормлении.*

| Штучная масса молоди (г)                                                  | 1   | 2 - 10 | 10 - 15 |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|--------|---------|
| Удельное потребление кислорода (кг О <sub>2</sub><br>на тонну рыбы в час) | 1,0 | 0,6    | 0,5     |

Форель хорошо развивается и набирает массу в установках с любой схемой водоснабжения. Расход воды через бассейны и лотки рассчитывается, исходя из несущей способности воды по кислороду. При дефиците воды увеличивают ее несущую способность по кислороду за счет пресыщения техническим кислородом (оксигенация).

Широко применяются различные способы замыкания системы водоснабжения при дефиците воды. Используются системы с простым замыканием без очистки воды, что позволяет 3 - 4 раза пропускать воду через бассейны, а также системы с очисткой воды от продуктов жизнедеятельности рыбы с помощью механических и биологических фильтров. В системах с биологической очисткой расход свежей воды может быть доведен до минимального значения (3 - 5% от объема воды в системе в сутки). Накопление продуктов азотного загрязнения в замкнутых системах, расчет токсичности этих продуктов и расчет допустимых концентраций приведены в разделе "Качество воды".

**СОРТИРОВКА.** Чтобы избежать неравномерности роста рыбы, форель регулярно сортируют, начиная с массы 3 - 4 г. В зависимости от объема производства для сортировки используются самые разнообразные средства от самодельных сортировальных ящиков с калиброванными отверстиями между параллельными прутьями, до специальных сортировальных машин с производительностью до 6 т рыбы в час. Различные модификации сортировальных машин обеспечивают сортировку форели от штучной массы 1 - 2 г до массы 10 - 25 кг.

Сроки сортировки и весовые группы определяются скоростью роста рыбы и возможности рассадки ее по весовым группам.

**СКОРОСТЬ РОСТА.** Оптимальные скорости роста форели достигаются в замкнутых рыбоводных установках при температуре воды 16 - 17 °С. За период выращивания 300 сут штучная масса форели достигает в них 250 - 300 г. Такие же скорости роста могут быть получены в тепловодных садковых и бассейновых хозяйствах. При выращивании форели в установках с естественной температурой воды скорость роста зависит от климатических условий и характера водоема.

**ЗИМОВКА.** К наступлению зимнего периода установка готовится с учетом местных особенностей. Уходящая в зимовку рыба осенью сортируется, чтобы весной она могла без помех пойти в рост при усиленном кормлении. Особенностью форели является то, что она питается и набирает массу при весьма низких значениях температур. Это позволяет получать прирост массы рыбы или поддерживать ее массу в зимний период.

Если существует возможность перевода форели на зимовку из пруда в сетной садок, то это увеличивает процент выживаемости форели зимой и дает возможность подкормить ее в зимний период. Содержание в садках упрощает контрольные обловы рыбы и наблюдение за ее состоянием.

**ТОВАРНАЯ ФОРЕЛЬ.** Для производства товарной форели из посадочного материала массой 10 - 30 г пригодны все виды рыбоводных установок. Товарная рыба делится на столовую или порционную форель (125 - 250 г) и более крупную рыбу.

Отход рыбы за период выращивания до товарной массы составляет не более 10%. Большой урон аквакультуре форели наносят рыбацкие птицы, особенно цапли. Защитой от птиц служат сети и натянутые с частотой 15 - 20 см жилки из рыболовной лески, которые не дают птицам опуститься на емкость с рыбой.

Оптимальные сроки получения товарной форели достигаются в тепловодных установках. Крупную форель, пригодную для получения балычных изделий, выращивают преимущественно в прудах и садках. Пригодны также высокие круглые бассейны с конусным дном, в которых форель распределяется по всему объему воды.

При выращивании форели в садках плотность посадки составляет в среднем 90 шт/куб.м, максимально 100 шт/куб.м, кормовой коэффициент зависит от качества корма. Садки могут быть размещены в проточных прудах, водохранилищах, реках, эстуариях и в открытых морях. Перевод форели из пресной воды в морскую возможен. При плавном переводе из пресной воды в соленую можно перевести рыбу в воду с океанической соленостью. Инкубация икры и развитие форели на ранних стадиях возможны в воде с соленостью не выше 5‰.

**ФОРМИРОВАНИЕ СТАДА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ** должно преимущественно осуществляться за счет отбора рыбы в хозяйстве. Завоз производителей из других хозяйств нежелателен. В полносистемных форелевых хозяйствах должны содержаться производители в возрасте 3 - 7 лет массой более 400 г, хорошо упитанные, имеющие упругую мускулатуру, яркую радужную окраску, обладающие резкими и сильными движениями.

Полноценными являются самки, дающие икру желто-оранжевого цвета диаметром 4 мм в неоплодотворенном состоянии, с абсолютной плодовитостью 2000 шт. икринок на кг массы тела самки.

Маточное стадо форели следует содержать в прудах с таким расчетом, чтобы естественная пища составляла не менее 50%. Выращивание стада лишь на искусственном корме ведет к снижению жизнеспособности и вырождению форели. Ремонтные группы двух и трехлетков содержат в отдельных прудах. В ремонтных прудах размещают в два-три раза больше посадочного материала крупных особей, чем это необходимо для ежегодной замены 25% производителей.

**КОРМЛЕНИЕ.** Форель - легко приручаемая хищная рыба, хорошо берущая корм в присутствии человека. Для кормления форели разработаны несколько видов сухих гранулированных кормов с различным диаметром гранул: стартовые корма для личинок, производственные для товарной рыбы. Состав кормов с ростом рыбы изменяется. При наличии любых стартовых кормов первое кормление личинок желательно проводить живым зоопланктоном. Живой корм дает стартовый толчок пищеварительной деятельности, что способствует повышению выживаемости рыбы в дальнейшем.

При отсутствии сухих гранулированных кормов рыбоводы готовят пастообразные корма. Для личинок: живой зоопланктон, яичный желток, сваренный вкрутую и протертый через сито, кровяная ткань селезенки, продавленная через ткань или газ. Для кормления мальков готовят пастообразные корма, в которые входят в процентном соотношении: кровяная ткань селезенки 85%, мясокостная и мясорыбная мука 14%, рыбий жир 1%.

Кормление личинок и молоди производят достаточно часто через каждые 30 - 60 мин в течение 12 часов суток. Раздача сухих гранулированных кормов, как правило, автоматизируется. Мелкие стартовые корма раздаются ленточными кормораздатчиками, более крупные корма 2 - 3 мм раздаются вибрационными и прочими программируемыми кормораздатчиками. Кормление рыбы, выращиваемой на товар и кормление производителей, чаще всего, осуществляется самокормушками "Рефлекс".

При разреженном содержании рыбы в прудах, больших садках или при пастбищном содержании форель может быть приучена собираться возле кормораздатчика по звуковому сигналу. Этот способ гарантирует большую накормленность рыбы и уменьшает потери корма.

Наиболее рационально корм расходуется при использовании самокормушек "Рефлекс". Если использование таких кормушек по каким-либо причинам невозможно, то корм раздают в соответствии с его качеством по таблицам, или находят рацион путем вычисления.

В открытых водоемах форель поедает доступную ей по размерам рыбу, охотясь в толще воды. Это качество положительно проявляется в поликультуре карпа и форели, когда форель поедает сорную рыбу и отстающих в развитии карпов, устраняя для карпа конкурентов по питанию.

Хозяйства, имеющие возможность добывать малоценную рыбу, скармливают ее форели в сыром виде.

## **КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ПРОХОДНЫХ ЛОСОСЕЙ**

Искусственное воспроизводство проходных лососей имеет достаточно сложную экономическую структуру. Заводы, занимающиеся воспроизводством лососей, содержатся за счет государственного бюджета и не принимают участия в добыче и реализации продукции лососей. Эта схема имеет определенные достоинства и недостатки. Участие государства в финансировании воспроизводства позволяет планировать и строить крупномасштабные проекты, отдача от которых откладывается на период возврата лососей. Так, в случае культивирования кеты возврат половозрелой рыбы откладывается на 3 - 5 лет. Кроме того, государство способно вкладывать деньги в научные программы и в совершенствование технологий, направленное на увеличение возврата лососей.

Однако, крупномасштабные государственные заводы по воспроизводству лососей привязываются к маточным стадам достаточно крупных рек, оставляя неосвоенными мелкие реки и ключи. Воспроизводство лососей в крупных реках практически не влияет на заход рыбы в другие водоемы, так как большая часть воспроизводимых лососей обладает жестким хомингом. С другой стороны, мелкие и средние реки, ключи, обладая определенным потенциалом к воспроизводству лососей, остаются неосвоенными, так как естественное воспроизводство в них подорвано доступностью заходящей в них рыбы. Например, общая протяженность малых гор-

ных и средних неосвоенных лососеводством рек Приморья составляет 120000 км. Освоение этих рек возможно с помощью фермерских рыбоводных хозяйств, получающих квоту на вылов и реализацию продукции лососей. Только на Хоккайдо (Япония), напоминающем рельефом и климатом восточное побережье Приморья, имеется около 80 таких заводов, принадлежащих мелким кооперативам и частным лицам. Заводы эти располагаются на малых реках, на которых невозможно существование естественных популяций. В данном случае инкубационный цех фермы принимает на себя функции нерестовых бугров, которых в реке недостаточно. Японские рыбоводы основным критерием выбора места для расположения завода считают качество и количество воды, независимо от наличия или отсутствия естественной популяции. Довольно жесткий хоминг обеспечивает возврат лососей в реку его рождения.

В Приморье примерно на 40 реках могут быть построены небольшие рыбоводные заводы, рассчитанные на выпуск 1 - 2 млн.шт молоди осенней кеты, которые при возврате 2% половозрелых особей дадут продукцию в размере 4 - 5 тыс.т рыбы.

Освоенное воспроизводство проходных лососей можно разделить на три типа.

ТИП 1. Воспроизводство горбуши, отличающееся тем, что горбуша имеет весьма короткий период жизни в реке. Выклюнувшиеся личинки в пресной воле не питаются, поэтому затраты на корм при воспроизводстве отсутствуют. Нет необходимости строить пруды для содержания рыбы с кормлением. Затраты воды на воспроизводство горбуши также минимальны. В момент закладки икры на инкубацию оптимальной для горбуши считается температура 12 - 14 °С. К началу пигментации глаз температура снижается до 7 - 8 °С. К моменту выклева эмбрионов температура снижается до 2 - 3 °С, а к моменту рассасывания маточного мешка на 70% - до 0,2 - 0,3 °С. С этого времени и до выпуска молоди (конец апреля - начало мая) температура воды поднимается до 4 - 6 °С. Фактически это естественный ход изменения температуры верхового потока в горной реке. Промысловый возврат горбуши редко превышает 1,5%, средняя масса промысловой рыбы 1,2 кг. Время подхода горбуши на нерест - середина лета.

ТИП 2. Воспроизводство осенней кеты. Эта рыба скатывается в естественных условиях растянутой волной, питаясь в реках и набирая в них определенную массу. Путь миграции кеты в реке Амур весьма протяжен и составляет иногда 2500 км. За период ската в море молодь амурской кеты набирает массу 10 - 15 г. В коротких реках молодь выходит в море после набора массы 0,7 - 1,5 г, обеспечивая промысловый возврат 1,5 - 3% при средней массе возвращающейся рыбы 2,5 - 4 кг.

Осенняя кета более требовательна к температуре воды по сравнению с горбушей. Закладка икры идет при температуре 8 - 11 °С, нижнее значение температуры воды при инкубации не должно опускаться ниже 4 °С (оптимально 5 °С). При температуре 2 °С икра погибает, такие температурные характеристики имеет вода на выходе подземных ключей, поэтому строительство заводов по воспроизводству кеты связано с поисками источника чистой воды с подходящим температурным графиком.

Осенняя кета откладывает икринки массой 0,2 - 0,3 г, свободные эмбрионы выклеваются при той же массе. После перехода личинок на внешнее питание их помещают в наружные пруды и начинают кормить гранулированным кормом. Продолжительность кормления и конечная масса личинок при выпуске связана с температурой воды в реке и прибрежных участках моря. Для коротких рек, впадающих в Японское море, это температура выше 5 °С. Важным условием выпуска является наличие естественной кормовой базы в реке и прибрежных участках моря.

ТИП 3. Воспроизводство лососей с длительным периодом жизни в реке (кижуч, сима, балтийский лосось, семга и др.). Пресноводный период жизни этих рыб может длиться 2 - 3 года. Переход рыб из реки в море начинается с перестройки организма. Окраска рыбы изменяется, она серебрится, перестраивается механизм регулирования солевого баланса (осморегуляция). В силу того, что процесс серебрения идет растянутым по времени, скат этих рыб в море также растянут. Ограниченность кормовых ресурсов рек не позволяет создавать многочисленных стад

этих видов. На рыбопроизводных заводах молодь рыб этих видов кормят искусственными кормами вплоть до наступления стадии серебрения у 20 - 30% особей и выпускают в реку практически готовыми к миграции в море. Промысловый возврат от выпуска такой молоди составляет 10 - 15%.

Культивирование проходных лососей тесно связано с природой, поэтому требует от рыболова глубокого понимания жизни рыбы. Это помогает правильно выбрать место для расположения завода, оснастить производство необходимым оборудованием, правильно выполнять все операции по культивированию рыбы и получить высокий коэффициент промыслового возврата.

**ВЫБОР МЕСТА ПОСТРОЙКИ ФЕРМЫ.** Определив несколько мест, подходящих для строительства, необходимо перейти к долгосрочным исследованиям с регистрацией наблюдений. Исследования фауны реки, куда выпускаются личинки, и основной реки до моря. Исследованию подлежит ихтиофауна реки, в частности производители того вида рыб, который подлежит культивированию. Фауна водных насекомых (в качественной воде обитает ручейник и бокоплав). Флора (считается качественной вода, в которой встречаются зеленые и диатомовые водоросли, а некачественной - вода в которой растет тростник, широколистный рогоз, камыш и кувшинка).

Источник воды для фермы в период от закладки икры до выпуска молоди в реку должен обладать следующими свойствами:

- вода должна быть качественной;
- значительных отклонений качества воды не должно быть;
- дебит источника не должен иметь значительных колебаний;
- в источнике воды не должны обитать вредные для выращивания рыбы животные;
- желательно иметь разницу уровня воды источника по отношению к площадке завода, чтобы избежать применения насосов.

**УЛАВЛИВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ.** Идеальным будет сбор производителей близ натурального нерестилища. В случае улавливания рыб близ устья реки многие рыбы окажутся незрелыми, их придется выдерживать до полного созревания. Место сбора икры должно быть удалено от инкубаторов завода на расстояние не более двух часов езды на автомобиле. Способ облова производителей должен быть щадящим от ран. Попадание прямых солнечных лучей и длительное пребывание без воды исключается.

**ВЫДЕРЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ.** Идеальным было бы выдерживание производителей прямо в русле реки, перекрытом сооружением, пропускающим воду и удерживающим рыбу. В силу инстинкта рыба стремится только вверх по течению, и будет накапливаться у перекрытия. Возможно строительство проточного пруда рядом с руслом реки. Глубина пруда не более 1 м, расчетная плотность посадки производителей не более 6 шт/кв.м. Расход воды 1 куб.м/мин достаточен для содержания 1000 шт. производителей при 8 °С. С повышением температуры количество производителей при постоянном расходе воды снижается: при 10 °С - 700 шт, при 12 °С - 500 шт.

Необходим постоянный контроль температуры, кислорода и pH.

Производители должны находиться в условиях покоя в тени, без прямых лучей солнца, шум машин и присутствие людей должны быть сведены до минимума, так как беспокойство вызывает повышенное потребление кислорода и стрессы. Скорость течения должна быть не менее 0,3 см/с.

Выдерживание производителей возможно в садках, если существует такая возможность. Пойманные производители могут быть перевезены в пруды для выдерживания, для чего используются контейнеры наполненные водой. Перевозка должна быть максимально щадящей, при относительно постоянной температуре воды и с компенсацией потери кислорода на дыхание рыбы.

**СБОР ИКРЫ И ОПЛОДОТВОРЕНИЕ.** Сбор половых продуктов производится только у зрелых рыб. Зрелых производителей забивают перед сбором икры ударом. В забое участвуют двое: один удерживает корпус рыбы, другой наносит резкий удар в точку между глазами и носом рыбы. Удары по корпусу рыбы не допускаются, так как гибнет икра. После убоя икра должна быть изъята у самки и оплодотворена не позднее, чем через 30 мин. Изъятие спермы должно произойти не позднее 20 мин после забоя рыбы. Если необходимо перемещение рыбы после забоя, то это делается с максимальной осторожностью, избегая давления на брюхо. Лучше подвешивать рыбу за голову или укладывать на металлическую сетку при температуре 5 - 10 °С без прямых лучей солнца.

Сбор икры производят разрезанием корпуса рыбы от ануса до корня грудного плавника таким образом, чтобы не повредить икру и внутренние органы. Икру осторожно выгребают, слегка закладывая яичник между пальцами. Нельзя выгребать твердую на ощупь икру и внутренности. Примешивание пресной воды, телесной жидкости и крови ведет к понижению оплодотворяемости.

Выжимка спермы ведется двумя работниками. Один держит рыбу вверх головой, а другой, вытерев анус чистой тканью и удерживая рыбу за хвост, выжимает сперму.

Икра от нескольких самок помещается в таз, поливается сперматозоидами более, чем от двух лососей и перемешивается с соблюдением осторожности. После этого икра помещается на 35 - 60 мин в сосуд с водой при температуре 8 °С для набухания. Вода должна подниматься снизу вверх, перемешивая икринки и промывая их. Икринки разбухают и приобретают упругость. Оплодотворение завершается спустя два часа после смешивания икры и спермы. После нескольких часов начинается первая стадия развития личинок. В этот период икра слабо выдерживает удары и вибрацию, поэтому ее размещение в инкубаторах должно завершиться не позднее 8 часов после завершения оплодотворения.

**ИНКУБИРОВАНИЕ.** Желательно размещать в инкубаторах икру от одной партии рыб, это обеспечит в дальнейшем синхронность выклева. При перевозке икры к инкубаторам следует соблюдать температурный режим. При разнице температур более 4 °С икру обливают сверху водой из инкубационных аппаратов, постепенно приближая температуру икринок к температуре в аппаратах. При размещении икры соблюдают максимальную предосторожность, чтобы избежать ударов. Типы инкубационных аппаратов и нормы размещения икры описаны в разделе "Инженерное обеспечение".

Прямые солнечные лучи и люминесцентные лампы в помещении с инкубаторами не допускаются. Ультрафиолетовое облучение губительно для развивающейся икры. Окна помещения с инкубационными аппаратами завешивают темной тканью.

Длительность инкубации икры зависит от температуры и видовой принадлежности рыбы. Влияние температуры оценивается в градусо-днях: кета - примерно 480, горбуша - примерно 560 - 580, сима - примерно 440 - 450, нерка - примерно 660 - 670, чавыча - примерно 578, кижуч - примерно 440 - 460. Количество дней, необходимых для инкубации, находится путем суммирования среднесуточных температур воды, начиная с первого дня инкубации.

Большую часть времени в период инкубации икра проходных лососей слабо выдерживает перемешивание и вибрацию, поэтому механическая отбраковка пораженных сопролегнией икринок нежелательна. Лучший способ борьбы с сопролегнией - стерилизация икры с помощью раствора малахитовой зелени в виде ванн при концентрации 1/200000 - 1/400000 в течении часа через каждые 5 - 7 дней. Интервал обработки следует регулировать по состоянию икры.

При признаках ослабления оболочки икры используются ванны из перманганата калия в концентрации 1/40000 в течении 30 мин на стадии до и после глазка. Вода с химикатами после обработки не должна попадать на выклюнувшиеся личинки.

Перевозка икры возможна на стадии глазка. Чтобы не перевезти с икрой инфекционные заболевания, ее предварительно обрабатывают в течении 15 мин йодным разбавителем, разбав-

ленным в 200 раз. Упаковочный материал в помещение для инкубаторов не вносят во избежание переноса инфекции и вирусов.

Стерилизация икры в инкубаторах может быть осуществлена путем устройства капельной подачи дезинфицирующих растворов в воду, поступающую на инкубаторы. Дезинфицирующее средство разбавляется в концентрации 1/500 - 1/1000 и в течение часа капельным образом подается в воду. Частота капания зависит от расхода воды через инкубаторы. Расчет расхода дезинфицирующего средства проводится следующим образом. Предположим, что концентрация средства в воде должна быть 1/300000, концентрация капающего раствора 1/1000, расход воды через инкубаторы составляет 1200 кг/час. Требуемый расход сухого вещества в течении часа

$$1200 \text{ кг} / 300000 = 0,004 \text{ кг}.$$

Требуемый расход разведенного средства

$$0,004 \times 1000 = 4 \text{ кг}.$$

Капельница настраивается таким образом, чтобы в течении часа в воду попало 4 л раствора дезинфицирующего средства.

**ОТБОР МЕРТВЫХ ИКРИНОК.** Отбор проводят только после четкого появления обоих глазок. Это возможно примерно при 280 - 320 градусоднях инкубирования. Раньше эти операции не проводятся. Икринки очищаются от заиления, слипшиеся икринки разнимаются, удаляются икринки, пораженные сопролегнией. Путем давления разрушаются неполноценные и неоплодотворенные икринки. В течение суток раздавленные икринки белеют, и их следует удалить. При большом количестве побелевших икринок механические способы удаления малопригодны, поэтому используется раствор поваренной соли 10 - 12%, в котором пораженные икринки всплывают и удаляются. Операция должна выполняться в течении одной минуты. После отбора следует обратить внимание на возможность появления вспышек сопролегнии.

Одновременно с отбором мертвой икры ведется ее учет.

**ВЫКЛЕВ ЛИЧИНОК.** Контроль за выклевом личинок обязателен, так как в период выклева личинки становятся слабыми к физическим воздействиям. Икринки кеты, которая выклевывается при 480 градусоднях, следует по достижению 440 градусодней (за семь дней до выклева) разместить в лотках для личинок на рамках из инкубатора Аткинса. Выклюнувшиеся личинки уходят с рамки, а мертвая икра остается. Рамки устанавливают на подставках на высоте 5 см от дна лотка. При использовании вертикальных инкубаторов коробчатого типа в лотки переносятся уже выклюнувшиеся личинки.

Личиночные лотки максимально повторяют природные условия выклева. Дно бассейнов укладывается круглым гравием диаметром 3 - 4 см, обеспечивающим зазор между рамкой и гравием примерно 2 см. Глубина лотка 7 - 8 см, скорость течения 2 - 2,5 см/с. Расход воды должен обеспечивать питание кислородом личинок по всей длине лотка. Важно регулировать расход воды, добиваясь равномерного насыщения воды кислородом по длине лотка. Лоток строится с расчетом на размещение 12000 шт. личинок при плотности размещения 7,5 тыс.шт/кв.м.

Личинки склонны собираться густыми стаями-роями за препятствиями, скрываясь от потока воды. Это приводит к их удушью. Важно регулировать скорость потока, избегая скопления роев и удушья личинок.

По истечению примерно 50 суток при температуре 8 °С личинки, помещенные в лотки, всплывают и готовы кормиться.

Кормление личинок начинается в личиночных бассейнах, кормят мелким порошком 0,5 - 1 мм. Дневной рацион делят на 10 - 12 частей. Позже переходят к кормлению гранулами диаметром 1 - 1,5 мм 3 - 6 раз в день. Поедаемость корма зависит от температуры воды, погоды и качества корма. Влияет также состояние молоди, степень рассасывания запаса пищи в желточном мешке. Кормление прекращается, если рыба не берет корм, так как не съеденный корм ухудшает условия среды обитания молоди. Рацион кормления задан таблицей 24.

Таблица 24.

### *Рацион кормления молоди*

| Температура воды, °С | Рацион, % от массы рыбы |
|----------------------|-------------------------|
| 3                    | 1,8                     |
| 4                    | 2,0                     |
| 5                    | 2,2                     |
| 6                    | 2,4                     |
| 7                    | 2,6                     |
| 8                    | 2,8                     |
| 9                    | 3,0                     |
| 10                   | 3,4                     |
| 11                   | 3,6                     |
| 12                   | 3,8                     |

С переходом на внешнее питание потребление кислорода рыбой увеличивается, поэтому следует контролировать его концентрацию и по мере необходимости увеличивать подачу воды. Уровень воды в лотках поднимается до 30 см.

Примерно через неделю после начала кормления личинок в лотках их переводят в наружные бассейны-пруды и продолжают кормить. Расчетный расход на 10 млн.шт. молоди составляет 3 - 6 куб.м/мин, плотность посадки для рыб конечной массой 0,7 г - 10000 шт/кв.м, глубина воды - 60 - 90 см. Нижний предел насыщения кислородом 70%.

За ростом личинок постоянно наблюдают, удаляют больных и погибших личинок.

Освободившиеся лотки для личинок стерилизуют известью. Расход негашеной извести - 200 г/кв.м, гашеной - 400 г/кв.м. Известь рассыпают, заливают лотки водой, создают циркуляцию и держат лотки с раствором 1 - 2 сут.

**ВЫПУСК МОЛОДИ В РЕКУ.** Переход молоди лососей из искусственных сооружений фермы в реку - самый ответственный период в технологии. Переходя в реку, а затем в море, молодь начинает питаться естественными кормами, а это значит, что выпуск должен быть приурочен к массовому развитию кормовых организмов в реке и морском побережье. Выпуск молоди начинается партиями при подъеме температуры морской воды в побережье выше 5 °С. Выпускают здоровую молодь, способную плавать, вне зависимости от массы тела. Скатываясь в мелководные прибрежные зоны моря, личинки нагуливаются и при достижении температуры воды 12 - 15 °С мигрируют в открытое море. Этот период занимает приблизительно месяц.

Большой урон наносят скатывающейся молоди хищные рыбы, с которыми следует бороться доступными методами. Чтобы избежать урона от хищных рыб и потерь, связанных с прохождением молодь мест с повышенной загрязненностью воды, молодь перевозят в устье реки автотранспортом и выпускают. При перевозке и выпуске соблюдают правило поддержания температуры и концентрации кислорода в контейнере. При значительной разнице температур в месте выпуска рыбы и в контейнере выравнивание температуры ведется добавлением воды из места выпуска.

Рыбу выпускают в глубоких спокойных местах с небольшим течением.

Выращивание молоди лососей с длительным пресноводным периодом жизни практически не отличается от выращивания форели. Заслуживающее внимания отличие заключается в том, что молодь следует выращивать в воде с концентрацией кислорода не выше 100% насыщения. Для выращивания форели приемлема вода с насыщением кислорода до 150 - 250%. Содержание выпускаемых в реку лососей в воде с высокой концентрацией кислорода сдерживает развитие органов дыхания, что приводит к их гибели в речной воде при возникновении стрессовых ситуаций.

## ВЫРАЩИВАНИЕ КАРПА В ПОЛИКУЛЬТУРЕ

Сазан и его культивируемая раса - карп населяет пресные воды бассейнов Черного, Азовского, Каспийского, Аральского, Японского морей. Обитает в медленнотекущих реках и озерах. Теплолюбив. В первой и второй зонах рыбоводства достигает товарной массы за три года выращивания, в более южных зонах за два года. Растет сазан быстро. Длина его может достигать 1,5 м, продолжительность жизни сазана до 30 лет. Половой зрелости сазан достигает на 4 - 6 году жизни. Плодовитость сазана высокая - от 90 тыс.шт икринок до 1,5 млн.шт. Икрометание на юге бывает в мае - июне. Нерест происходит в прибрежной полосе в мягкой водной растительности. Зимой с понижением температуры до 7 °С сазан залегает в ямы. Основное питание - беспозвоночные, обитающие в донном иле.

В СССР карпу уделялось особое внимание. Технология культивирования карпа разрабатывалась и внедрялась во всех возможных вариантах: прудовом, на теплых водах, выращивание в замкнутых системах. С изменением экономической ситуации в результате отставания скорости роста цен на товарного карпа от скорости роста цен на гранулированные корма и энергоносители, выращивание карпа на полноценных гранулированных кормах оказалось нерентабельным. Это обстоятельство вынудило рыбоводные предприятия к переходу от интенсивной технологии прудового карповодства к экстенсивным формам и к прекращению производства товарного карпа в замкнутых рыбоводных установках и тепловодных хозяйствах. Логично ожидать лучших показателей от экстенсивного карповодства в районах естественного обитания дикой формы карпа - сазана. Эти районы занимают все климатические зоны, кроме 1 и 2. Годовые средние значения сумм среднесуточных температур выше 15 °С в этих зонах составляют выше 1500 - 2000 °С, переход температуры воздуха через 15 °С весной приходится на конец мая - начало июня, а осенью на конец августа - конец сентября. Потенциальные возможности роста карпа при постоянной температуре 23 °С были получены в замкнутой рыбоводной установке. Сеголетки достигали массы 1,5 кг, двухлетки 4,5 кг, двухгодовики 6 кг. Самки карпа созревали за 15 месяцев, самцы за три месяца.

При использовании высокобелковых кормов оптимальная для роста карпа температура 29 - 32 °С, при использовании низко белковых кормов - 26 - 27 °С. Температурный оптимум для накопления карпом протеина в тканях лежит в пределах 27 - 29 °С, для накопления жира 32 - 35 °С. Содержание карпа при столь высоких температурах создает возможности очень быстрого изменения гидрохимических параметров воды, способных погубить почти мгновенно выращиваемых рыб, поэтому оптимальной принято считать температуру 27 °С.

Карпы имеют четыре генетические группы, отличающиеся друг от друга по большому числу признаков, в частности, по характеру чешуйчатого покрова: чешуйчатые, разбросанные, линейные и голые. По скорости роста в прудах карпы четырех генотипов распределяются в следующем порядке: чешуйчатые, разбросанные, линейные и голые. Разница в массе между крайними группами на первом году жизни составляет 20%, на втором 15%.

Прудовое карповое полносистемное хозяйство включает в себя нерестовые, мальковые, зимовальные, нагульные, преднерестовые летние маточные и летние ремонтные пруды. Это достаточно сложная система хозяйствования, полностью зависящая от природно-климатических условий. Созревание производителей и их нерест, рост личинок, молоди и товарной рыбы идет в открытых водоемах. Как результат зависимости скорости роста карпа от хода температуры в прудах, масса сеголетка, уходящего в зимовку, имеет значительный разброс. В теплые годы она может достигать 50 г, в холодные 3 - 5 г. Разброс массы зависит не только от колебаний суммарного количества температур в период выращивания личинок и молоди, но и от совпадения сроков развития кормовых организмов и личинок карпа.

Чтобы добиться лучших результатов, нерест производителей осуществляют в инкубационных цехах, часто оснащенных системами терморегулирования. Производителей карпа достав-

ляют в цех, размещают отдельно самцов и самок в бассейны, доводят температуру до 18 - 20 °С и после выдерживания 4 - 5 суток проводят гипофизарные инъекции с целью стимулирования синхронного нереста. Проинъекцированные производители способны отдать половые продукты через сутки.

При нерестовых температурах вводятся предварительная и разрешающая инъекции. Во время предварительной инъекции самке массой 3 - 5 кг вводят 2 - 3 мг гипофиза. Через 12 - 24 часа делают разрешающую инъекцию 5 - 8 мг гипофиза на 1 кг массы самки. Самцам делают только разрешающую инъекцию 5 - 10 мг на каждого. Препарат вводят в спинную мышцу на уровне спинного плавника. При температуре 19 - 20 °С требуется 18 - 20 часов для окончательного созревания икры.

**СБОР ИКРЫ.** Готовых к нересту самок обтирают и, удерживая ее тело, сдаивают икру от нескольких самок в один таз. Полученную от трех и более самцов сперму разводят водой 1:200 и тут же вливают в таз с икрой. Икра, оплодотворенная спермой трех и более самцов, дает больший процент оплодотворения, так как обладает избирательной способностью в отношении к сперматозоидам.

Икру плавно перемешивают две - три минуты гусиным пером, добиваясь равномерного распределения спермы. Этого времени достаточно для завершения оплодотворения и можно приступать к подготовке икры к инкубации: отмывать икру от остатков спермы, полостной жидкости, слизи. Икра карпа обладает высокой клейкостью, поэтому для ее обесклеивания применяются специальные препараты.

Время хранения икры на воздухе в затененном помещении без оплодотворения не более 30 - 40 мин, время хранения спермы до 1,5 часов.

Расход спермы на 1 л икры - 3 - 5 мл.

**ИНКУБИРОВАНИЕ ИКРЫ И ПОДКАРМЛИВАНИЕ ЛИЧИНОК.** Для инкубации икры используют инкубаторы Вейса, в которых сначала производится обесклеивание икры, а затем инкубация. Для этой цели к инкубатору подводится вода и сжатый воздух. Емкость инкубатора заполняется водой, в которую помещается оплодотворенная икра и какой-либо из обесклеивающих препаратов. В расчете на 10 л воды в инкубаторе расходуется либо 100 г талька, либо 100 г зубного порошка, либо 250 мл цельного молока. Перемешивание содержимого инкубатора осуществляется сжатым воздухом. Первая проба на обесклеивание через 40 мин. По завершению обесклеивания подача сжатого воздуха прекращается, в инкубатор подается вода с температурой 19 - 20 °С.

Продолжительность инкубации при указанной температуре 3 - 5 дней. Перед выклевом личинок икру переносят на дно лотков или бассейнов с проточной водой из того же водоемного источника. Глубина воды устанавливается 7 - 8 см. Главным условием водоснабжения является 100% насыщение воды кислородом и удаление избыточного насыщения азотом (дегазация), так как личинки карпа легко могут погибнуть от газо-пузырьковой болезни.

Выклюнувшиеся личинки развиваются неподвижно на дне бассейна. Способность плавать в толще воды они приобретают только после заглатывания пузырька воздуха, который наполняет воздушный мешок. Заглатывание происходит при вертикальном подъеме "свечкой" и выпрыгивании из воды.

По завершению инкубации мертвые икринки и прочий мусор из бассейна удаляются.

Высокие результаты выживаемости личинок в бассейнах получены при плотности посадки 75 - 100 личинок на литр воды при шестикратной смене воды в час и температуре 27 °С. За десять суток при таких условиях личинки достигают массы 50 мг при выживаемости 75%.

Лучший вид корма личинок в первые 10 дней жизни - доступные формы живых кормов. Для обеспечения нормального роста личинок плотность кормовых организмов в выростных емкостях должна быть не менее 50 - 100 мг/л. Искусственные смеси личинки карпа могут потреблять с первых дней жизни, поэтому со второй декады жизни следует постепенно переводить их

на искусственный корм. Для кормления личинок карпа используют стартовые корма такие же, как для форели и осетров. Гранулированный корм должен рассеиваться по всей поверхности бассейна, так как личинки активно передвигаются и создают рои вокруг частичек корма.

При внесении живых кормов, в частности личинок артемии салина и др., рекомендуется на 30 мин выключать подачу воды, чтобы предотвратить уход живых кормов из бассейна с током воды.

**ЗАРЫБЛЕНИЕ ПРУДОВ ЛИЧИНКАМИ.** Личинки, полученные в инкубационных цехах, могут быть перенесены в пруд с заранее подготовленной кормовой базой при температуре воды выше 12 °С. Личинки переносят кратковременное похолодание до 12 °С, но при длительном периоде похолодания гибнут.

В прудах личинки оказываются в разреженном состоянии, что гарантирует их накормленность при наличии кормовых организмов. Перенос личинок возможен при их выдерживании в лотках и бассейнах в течение 4 - 5 суток после перехода на активное питание. Выживаемость личинок в прудах в большей мере зависит от наличия в них хищной фауны. Сложность оценки зарыбления пруда заключается в том, что процент выхода сеголетков нельзя установить до спуска пруда.

Возможность более длительного выращивания личинок в бассейнах решает проблему своевременного зарыбления прудов в зависимости от температуры воды и развития кормовой базы.

Источником живых кормов для высаженных в пруд личинок служат дафниевые ямы или прудики, которые устраиваются вдоль береговой линии пруда. Дафнические ямы глубиной около 50 см (1 × 3 м) выкапывают в 10 - 20 см от уреза воды в защищенных от ветра и хорошо освещенных местах. В ямы вносят свежий коровий навоз или птичий помет и наливают воду. После этого вносят культуру дафний, которую берут из естественных, хорошо прогреваемых водоемов. Через каждые 8 - 10 дней в яму вносят дополнительно свежий навоз или помет и через две - три недели уже можно отлавливать дафний и выпускать их в пруд. Дафнические ямы могут быть соединены с прудом канавкой. На гектар пруда нужно устраивать до 20 ям. Возможно выращивание дафний в специальных бассейнах и чанах.

**ПОДРАЩИВАНИЕ СЕГОЛЕТКОВ.** Индивидуальный вес мальков, пересаживаемых в пруд на подращивание, должен быть не менее 1,5 - 2 г. Если рассчитывать только на естественную кормовую базу, то плотность посадки мальков не должна превышать 1000 - 1500 шт./га.

Карп растет очень быстро, если этому способствует температура и другие факторы, а также имеется в наличии нужное количество корма. Чтобы получить максимальную продуктивность, пруд должен отвечать определенным требованиям: полностью спускаться и облавливаться, уровень воды должен быть постоянным, выход рыбы из пруда и заход в него сорной рыбы должен быть исключен. Необходимо хорошее развитие береговой линии пруда, минимальное количество подводной растительности. Глубина пруда около 1 м, дно не должно быть заилено или заторфовано.

**ЗИМОВКА СЕГОЛЕТКОВ.** Для зимовки сеголетков карпа используются пруды площадью 0,5 - 1 га, с глубиной непромерзающего слоя воды не менее 1,2 м, с водообменом 15 - 20 сут.

Нормативная плотность посадки сеголетков массой 25 - 30 г 500 - 800 тыс.шт/га. За зимний период без кормления масса рыбы уменьшается примерно на 10%, численность уменьшается на 20%. В приспособленных для зимовки прудах отход может значительно увеличиваться.

Зимой у карпа коренным образом меняется характер физиологических процессов: прекращается питание, рыба впадает в близкое к спячке состояние. Хорошо переносят зимовку упитанные рыбы, так как затраты энергии зимой осуществляются за счет массы тела. Сеголетки переносят зимовку хуже, по сравнению с более крупными рыбами. Лучшие результаты в период зимовки получаются, если подкармливать карпа в теплые осенние дни искусственными кормами, так как в этот период в организме накапливаются резервы питательных веществ.

Сильно отражается на результатах зимовки санитарное состояние рыбы и пруда. Больные и получившие травму рыбы плохо переносят зимовку. Чтобы в зимовальный пруд не попадали рыбы с паразитарными заболеваниями, перед посадкой их обрабатывают в течение 5 минут в ваннах из 5% раствора поваренной соли и затем помещают в проточную воду. Иногда применяют 0,1% аммиачные ванны в течении 1 мин.

Пересадку рыбы ведут только тогда, когда температура воды снизится ниже +6 °С, но при положительных температурах воздуха. При пересадке ведут учет и взвешивание.

В период зимовки ведется наблюдение за газовым режимом в зимовалах и, в случае необходимости, принимают меры по предотвращению заморов от недостатка кислорода.

В зимовалах желательна низкая температура (до +1 °С), так как скорость распада органического вещества при низких температурах снижается, потребность в энергии на жизнеобеспечение карпа становится меньше.

На низкое содержание кислорода в зимовалах указывают некоторые водяные насекомые, которые поднимаются вверх к проруби, особенно водяные клопы - кориксы.

**ВЫРАЩИВАНИЕ ТОВАРНОЙ РЫБЫ.** Пересадку из зимовальных прудов в нагульные следует производить сразу же после завершения паводка. Пересадка должна производиться с максимальной предосторожностью. Особенно важно не допустить попадания в нагульные пруды крупных хищников, способных питаться культивируемой рыбой.

Пересаживаемую рыбу учитывают, определяя при этом отход за зиму и потерю массы. Нормально перезимовавшая рыба теряет массу 10 - 12%. Карп старших возрастов теряет за зиму не более 3 - 5% массы. При истощении более 20% рыба погибает.

Нагульные пруды готовят под зарыбление с осени, после их спуска. Выполняются ремонтные работы, мелиорация дна, очистка спускных канав, внесение удобрений. Заливку нагульных прудов талыми водами ведут через решетки, препятствующие попаданию в пруд хищных рыб.

Перед высадкой в нагульный пруд рыбу пропускают через солевую ванну (5% соли в течение 5 мин).

Количество высаживаемой на нагул рыбы зависит от естественной рыбопродуктивности пруда, штучной массы высаживаемой рыбы и ожидаемой в конце сезона штучной массы товарной рыбы. Для расчетов пользуются формулой рыбоведа Юдина:

$$n = \frac{П \times S \times 100}{(M_n - M_k) \times B}, \quad /43/$$

где n - количество высаживаемых рыб на нагул в данный пруд;

П - естественная рыбопродуктивность пруда в кг/га;

S - площадь пруда в га;

M<sub>n</sub> и M<sub>k</sub> - средние штучные массы рыбы при посадке и ожидаемая в конце сезона в кг;

B - выживаемость рыбы в течении сезона, %.

Темп роста карпа увеличивается по мере роста температуры воды. В июле и августе темп роста самый большой, затем начинает снижаться. Контроль темпа роста ведется периодически через 10 - 15 сут. Облов осуществляют мелкочейстым бреднем, расчеты ведут по 25 - 30 рыбам. Если водоем большой, то делают облов в 3 - 4 точках и обрабатывают данные по 25 - 30 рыбам в каждой точке. Одновременно ведется наблюдение за санитарным состоянием рыбы. Если результаты контрольных обловов показывают низкие темпы роста или их отсутствие, то это свидетельствует о недостатке пищи или наличии болезней. При недостатке пищи проводят подкармливание или разреживают посадку рыбы. В случае болезни пересылают рыбу в живом виде для ихтиопатологических исследований и действуют далее по указаниям специалистов.

Когда температура воды в пруду падает, рост рыбы прекращается. Пруды облавливают, а рыбу помещают в садки для постепенной реализации. Если пруд большой, то перед его спуском проводят многократный облов неводом.

Учет рыбы в процессе облова пруда позволяет вычислить реальное значение его рыбопродуктивности. Рыбопродуктивность может быть повышена за счет смешанных посадок разновозрастных групп карпа, питающихся различными видами водных организмов. Например, в нагульных прудах годовалые карпы питаются в основном крупной донной пищей, пренебрегая более мелкими формами и планктоном. Подсадка в пруд более мелкой рыбы позволяет полнее использовать кормовую базу пруда, что поднимает естественную рыбопродуктивность на 40 - 50%.

Возможно увеличение рыбопродуктивности пруда за счет подсадки рыб с иным, чем у карпа, спектром питания. Например, хищников - форели, судака, щуки. При этом соблюдаются такие размерные соотношения карпа и хищников, при которых основная масса карпа недоступна по размеру подсаживаемым хищникам.

Из растительноядных рыб хорошие результаты дает белый амур, обыкновенный и пестрый толстолобики.

Из планктофагов подсаживают ряпушку, рипуса, пелядь.

## КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ОСЕТРОВЫХ

Осетровые рыбы высоко ценятся за их мясо и икру. Большинство осетровых рыб нагуливается в море, а в реки возвращаются для икрометания. Эти рыбы очень древнего происхождения, их предки плавали еще в морях Юрского периода. Их следы находят в меловых отложениях. Своеобразен вид этих рыб, они имеют голое веретенообразное тело, покрытое рядами костных пластинок - жучек. Это бескостные рыбы, центральный позвоночный столб их представляет собой хрящевую хорду. Голова рыб вытянута за счет рыла (рострум). Рот расположен внизу. Перед ртом на рыле расположены 4 уса, служащие рыбе при поиске пищи.

Практически все осетровые ведут донный образ жизни, питаются червями, моллюсками, личинками насекомых, рыбой и т.п. Привязанность к дну определяет район их нагула на шельфе морей с глубиной до 100 м. Исключение составляет один вид осетра - веслонос, способный питаться фито- и зоопланктоном, который он добывает путем фильтрации воды через жабры.

Осетровые рыбы образуют также жилые пресноводные формы, совершающие миграции в реках без выхода в море.

Некогда все реки и моря северного полушария Земли были заселены осетровыми. В Германии, в Гамбурге еще в середине прошлого века существовал рынок осетров, на котором продавалось 4 - 5 тыс. шт половозрелых рыб в год, выловленных рядом, в устье Эльбы. Значительный урон популяциям осетров нанес хищнический лов в густозаселенных районах Европы и Америки. Самый ощутимый удар по популяциям осетров нанесли плотины электростанций, перегородившие пути естественного хода этих рыб на нерест вверх по большим рекам.

В начале XX века основная масса осетров, имеющая хозяйственное значение, обитала в Каспийском, Черном и Азовском морях и была связана с Волгой и Доном. Строительство плотины Волгоградской электрической станции отрезало рыбе путь к местам нереста, расположенным на 2000 км выше по течению. В порядке компенсации этого ущерба впервые в СССР, а затем и в Америке построены осетровые заводы, занимающиеся отловом производителей, получением половых продуктов, инкубацией икры, выдерживанием личинок и подращиванием молоди. Подращенная молодь выпускается либо непосредственно в реку, откуда изымались производители, либо доставляется в эстуарий на места дальнейшего нагула. Такая технология позволила на многие годы сдержать угасание промысловых видов осетровых в СССР. Однако, раздел водных пространств, служащих для нагула осетров, между государствами, возникшими после распада СССР, нарушили процессы регулирования в этой области. Пресс на существующие популяции увеличился.

Параллельно с нарастанием проблем получения потомства от производителей природных популяций возрастал интерес к созданию маточных стад осетровых в аквакультуре, служащих гарантированным источником получения половых продуктов для ведения товарного хозяйства. Такие хозяйства созданы и работают в России и Западной Европе. Возрастает интерес к этим видам и на Американском континенте,

БЕЛУГА и КАЛУГА - самые крупные представители осетровых рыб. Белуга населяет бассейны Каспийского, Азовского и Черного морей, а также восточную часть Средиземного моря. Ее масса достигает 1,5 т, а продолжительность жизни 100 лет. На нерест белуга поднимается в реки, где мечет клейкую икру, которая прикрепляется к камням. В Волге белуга поднималась до г. Калинина. Молодь белуги питается в реке беспозвоночными, а спускаясь в море - рыбой. Половозрелость у самцов белуги наступает в природе на 13 - 18 году жизни, у самок на 16 - 22 году. Повторный нерест, как у всех осетров, наступает через 2 - 3 года.

Калуга населяет бассейн реки Амур, далеко в море не уходит, достигает массы 1 т.

Для товарного выращивания белуги в аквакультуре лучше подходит морская вода, в пресноводных установках белуга растет медленно. Известны случаи роста белуги в пресной воде до массы 20 кг, с последующим созреванием рыбы.

В начале XX века белуга, как объект рыболовства, имела большое хозяйственное значение, так как в общей массе улова осетровых она составляла 35% и в 1903 г. ее улов достиг 15 тыс.т. К 1922 г. улов белуги снизился до 300 т в год. В украинских реках и Дунае улов значительно ниже.

РУССКИЙ ОСЕТР - один из главных в хозяйственном отношении осетров. В природе русский осетр обитает главным образом в бассейнах Азовского, Черного и Каспийского морей. Известны также жилые формы этого вида, обитающие в р. Волге. Уловы этой рыбы снизились в XX веке с 4 - 10 тыс.т до 250 т в год.

Средняя масса выловленных осетров составляла 10 - 20 кг. Половая зрелость самцов наступает на 6 - 8 году жизни, самок - на 11 - 13 году. Повторное икрометание через три - пять лет.

Скрещивание русского осетра со стерлядью, севрюгой и белугой дает способные к размножению гибриды, пригодные для выпуска в природные водоемы на нагул и для хозяйственного выращивания в рыбоводных установках. Молодь русского осетра питается преимущественно в толще воды, позднее переходит на донный корм. В рыбоводных установках молодь легко переходит на питание искусственными кормами, поэтому этот вид успешно культивируется в садках, бассейнах и прудах. В природе он предпочитает солоноватые воды, богатые естественным донным кормом (моллюски, улитки, крабы, рыба).

Мясо русского осетра богато жиром и имеет прекрасный вкус, однако, желтоватый цвет мяса на всегда приемлем для потребителей.

СИБИРСКИЙ ОСЕТР также успешно культивируется в рыбоводных хозяйствах. В природе населяет реки от Оби до Колымы, образует жилые пресноводные формы. Максимальная длина свыше 2 м, масса - 200 кг. В холодных водах сибирских рек растет очень медленно, однако, в тепловодной аквакультуре скорость роста значительно увеличивается. В природе питается личинками водяных насекомых, моллюсками, бокоплавами, рыбой. При выращивании хорошо поедает искусственный корм и растет практически в любых рыбоводных установках.

В природе сибирский осетр нерестится на галечном дне при температуре 11 - 15 °С. При низкой температуре воды в полярной зоне созревание самцов наступает в 19 - 24 года, самок - в 25 - 30 лет. Повторное созревание наступает у самцов через 2 - 3 года, у самок - через 3 - 5 лет. Длительность жизни 60 лет. В условиях Западной Европы при относительно высоких температурах созревание сибирского осетра наступает за 4 - 7 лет.

Потомство сибирского осетра показывает высокую приспособляемость к изменению температурного режима и условиям содержания. Охотно переходит на питание искусственными

кормами. Годится для выращивания в прудах, садках и рыбоводных установках. Рекомендуются как самый пластичный вид для выращивания в аквакультуре.

**СТЕРЛЯДЬ** - обитатель пресноводных водоемов, любимое место обитания в реке - это углубления с заиленным или гравийным дном. В старицах, водохранилищах и озерах она находится в местах со слабым течением. На сильном течении стерлядь не растет. Ранее она часто встречалась в среднем и нижнем течении рек, впадающих в Каспийское, Черное и Азовское моря. На запад стерлядь распространяется до средней Европы (Дунай), на севере населяет большие реки, впадающие в моря Ледовитого океана.

Масса стерляди в среднем достигает 4 - 8 кг, известны случаи до 20 кг. Живет 22 года. Созревание самцов происходит в три года, самок в 3 - 4 года, интервал икрометания по большей части 2 года. Самцы дают сперму каждый год. Это самый мелкий вид осетров. При длине 40 - 50 см рыбы имеют массу 250 - 400 г.

Искусственным разведением стерляди занимались более ста лет назад вне связи с падением численности популяции. В настоящее время перелов этой рыбы может быть возмещен только искусственным воспроизводством.

В природе стерлядь питается беспозвоночными, личинками комаров, ракообразными, иногда рыбой. В аквакультуре легко переходит на искусственный корм, и может хорошо расти при плотных посадках в бассейнах и садках. При выращивании стерляди в прудах (Германия) за три года она достигала массы 250 - 800 г и становилась половозрелой.

Хозяйственное значение стерляди в связи с сильным переловом во внутренних водоемах незначительно, хотя еще в 1935 - 39 г.г. общий ее улов составлял 750 - 800 т в год, причем на Волгу выпадало 700 т.

**СЕВРЮГА** - важнейший в хозяйственном отношении вид осетра. В 1991 г. в астраханском районе Волги было поймано 4130 т севрюги, в то время как белуги только 331 т. Главный район распространения севрюги лежит в Каспийском море. В Азовском и Черном морях имеются значительные популяции, и только местами этот вид заходит в Адриатику. Нерест в реках наступает при температуре 13 - 15 °С. Молодь и взрослые рыбы обитают и питаются при температуре от 4 до 28 °С. Продолжительность жизни до 20 лет. Самцы созревают в 4 - 6 лет, самки в 8 - 9 лет. Повторный нерест через 2 - 3 года. Икрывые самки имеют массу 10 - 15 кг.

**ВЕСЛОНОС** - единственный из осетров, способный питаться первичной продукцией водоемов - фито- и зоопланктоном. В природе живет в Северной Америке в речной системе Миссисипи. В СССР завезен в 1974 г для акклиматизации в тепловодных хозяйствах.

Рыба имеет гладкую кожу без характерных для осетров костных наростов (жучек). Примечательный нос занимает 1/3 длины тела. Рот рыбы очень велик, широко открывается и не имеет зубов. Зубы у веслоноса имеются только в личиночном состоянии. Кожные выросты, прикрывающие жаберы, вытянуты назад и заканчиваются остро. Жаберный аппарат приспособлен для фильтрации планктона и других кормовых частиц размером более 0,025 мм. Процесс фильтрации веслонос осуществляет, плавая через толщу воды с широко открытым ртом.

Веслонос достигает массы 80 кг при длине 2 - 3 м. Половое созревание самцов наступает в 5 - 9 лет, самок в 8 - 12 лет при длине 1 - 1,2 м. Самцы созревают каждые 1 - 2 года, самки 2 - 4 года.

В прудах веслонос выращивается вместо толстолобика и белого амура как дополнительная рыба в поликультуре с карпом или другими видами осетровых. При выращивании в прудах осетров, также как и при выращивании карпа, возникает проблема очистки воды от бурно развивающихся микроводорослей, зоопланктона и высшей растительности. Для этой цели обычно используется белый и пестрый толстолобик и белый амур, которые высаживаются в пруд с карпом в определенном соотношении. Среди осетровых только один веслонос обладает способностью фильтровать из воды фито- и зоопланктон и питаться им, показывая хорошие приросты

массы. Эта рыба, также как толстолобик и белый амур, размножается только в искусственных условиях, но обладает рядом уникальных свойств, а, главное, имеет на рынке более высокую цену, чем белый амур и толстолобик.

Климат зон, в которых зимний период длится 4 - 5 месяцев и возможен ледостав до 100 дней в году, пригоден для выращивания веслоноса в открытых водоемах.

В карповых прудах веслонос потребляет обычно фито- и зоопланктон, но в его питание входят также донные осадки и крупные водоросли. Как карп он может выкапывать корм из почвы, а также охотно поедает сухие гранулированные корма, зерно, отруби и т.п. Широкий спектр питания веслоноса определяет его высокую скорость роста, самую высокую по сравнению с другими полезными рыбами, выращиваемыми в пруду. Сеголетки веслоноса достигают в пруду массы 400 г и более, в то время как сеголетки карпа в этом же пруду набирают массу только 25 г. На втором году выращивания веслонос набирает массу 1,6 кг, а лидеры - 3 кг. На третий год выращивания средняя масса веслоноса достигает 3,5 кг, на четвертый - 6 - 8 кг. На четвертый год выращивания часть самцов становится половозрелой, а самки созревают обычно на два года позже.

Веслонос потребляет корм и с поверхности воды, и в толще воды, и со дна. Температурный оптимум для него 18 °С, но при +8 °С он продолжает активно питаться.

Особенностью веслоноса является такое устройство жаберного аппарата, которое заставляет его непрерывно двигаться, чтобы иметь возможность дышать, в то время как другие виды осетровых могут обеспечить свое дыхание, находясь в покое.

Мясо и икра веслоноса имеют высокое качество и, соответственно, высокую цену на рынке.

Процесс инкубирования икры и выращивания личинок веслоноса незначительно отличается от процесса выращивания других видов. Однако, безопасной для высаживания в открытые пруды считается молодь, достигшая размера 15 - 20 см. Более мелкая молодь ориентируется на поверхностный образ жизни, имея слабую реакцию на опасность с воздуха и становится легкой добычей рыбоядных птиц. Проблема возникает в связи с тем, что молодь веслоноса берет корм с поверхности воды. Чтобы взять его, ей требуется перевернуться светлым брюшком вверх и подплывать к корму спиной вниз. Это демаскирует молодь.

**ГИБРИДЫ ОСЕТРОВЫХ** нашли применение в аквакультуре наравне с чистыми видами. Часто гибридные формы превосходят родителей по весьма ценным в аквакультуре показателям: активности поиска и потребления корма, скорости роста, устойчивости к заболеваниям.

Бестер - гибрид, полученный в результате осеменения икры белуги спермой стерляди. Возможно также осеменение икры белуги спермой бестера. Гибриды (белуга × бестер) растут активнее бестера. Бестер, обладая свойствами белуги в отношении массы и скорости роста, он пригоден для выращивания в пресноводных водоемах.

Гибрид (шип × севрюга) был получен в поисках формы, пригодной для освоения пресных водоемов водохранилищ, в которых практически исчезли проходные виды осетровых. Гибрид имеет массу до 30 кг и созревает раньше родительских форм. Скрещивается не только с родительскими формами, но и с другими видами осетровых. Молодь гибрида (шип × севрюга) по жизнестойкости и другим показателям превысила другие виды осетровых рыб.

**МАТОЧНОЕ СТАДО** в аквакультуре формируется из особей, выращенных в искусственных условиях и приученных брать искусственные гранулированные корма. В разновозрастной группе самцы созревают быстрее самок. Зрелые самки, как правило, крупнее самцов и отличаются увеличенным мягким брюхом. Окончательное заключение о степени зрелости рыбы делается на основании результатов обработки щуповых проб. С помощью специального щупа из тела самки извлекают икринки, фиксируют их, разрезают и под микроскопом определяют стадию зрелости икры по положению ядра. Соотношение зрелых самцов и самок в стаде подбирают 3:1. Количество рыб в стаде подбирается в соответствии с планом предприятия.

При выращивании производителей в тепловодном хозяйстве получение качественной икры становится возможным только в случае имитации зимнего периода. Для этой цели за два - три месяца до нереста производителей отсаживают в холодную воду. Отсутствие гидрологической зимы ведет к дестабилизации годовых и сезонных циклов созревания половых желез и к ухудшению качества потомства.

Чтобы получить синхронный нерест производителей, проводится их инъектирование ацетонированным гипофизом из расчета для самок 3 мг на 1 кг массы, для самцов - 2 мг на 1 кг массы. Концентрация суспензии - 10 мг сухого вещества гипофиза на 1 мл физиологического раствора. После инъектирования производителей содержат при постоянной температуре или в режиме повышения температуры. Момент готовности самки (переход икры в овуляции) определяется осмотром и надавливанием на брюхо.

**ПОЛУЧЕНИЕ ИКРЫ.** Анатомическое строение половой системы самок осетровых не позволяет сцеживать овулировавшую икру таким способом, как это делается у карпа и форели. Поэтому, для изъятия икры в брюхе рыбы делается разрез, через который икра извлекается. При этом рыба размещается и удерживается в специальном станке.

После завершения операции по изъятию икры разрез зашивается хирургическими нитками, а рыба возвращается в бассейн. Заживление происходит относительно долго, и не все рыбы выживают.

По методу, разработанному С.Б. Подушкой, икра на первоначальном этапе изымается сцеживанием, затем в генитальное отверстие самки вводится скальпель и делается надрез каудального отдела одного из яйцеводов. После этого икра легко сцеживается обычным путем.

Надрез яйцевода не вызывает кровотечения, так как он представляет собой тонкую полупрозрачную пленку. Рана получается незначительной и скоро заживает. Выживаемость рыб близка к 100%.

Сперму для осеменения икры берут от трех самцов, сцеживают в ковш или с помощью катетера сразу в стаканчик. Отцеженную сперму следует оберегать от попадания воды и хранить в прохладном затененном месте.

Смесь спермы готовят из расчета 10 мл на 1 кг икры, разводят водой в 200 раз и сразу же вливают в икру. Осеменение длится три минуты при равномерном помешивании перьями. По окончании осеменения икру дважды промывают водой и обесклеивают. Для приготовления 10 л суспензии для обесклеивания используют мел или тальк 150 - 200 г и поваренную соль 15 - 20 г. Пригодно также цельное и сухое молоко 2 л и 200 - 250 г соответственно, а также речной ил - 0,5 л, Продолжительность обесклеивания 50 - 60 мин.

**ИНКУБИРОВАНИЕ ИКРЫ.** Для оснащения инкубационных заводов по воспроизводству молоди были разработаны и используются аппараты "Осетр" емкостью до 3 млн. икринок. При инкубации меньшего количества икры используются аппараты Вейса. Основное требование к системе подготовки воды для инкубации - тщательная дегазация воды во избежание газопузырьковой болезни личинок. Оптимальная температура воды для инкубации подбирается в зависимости от вида осетра в пределах 13 - 18 °С.

Со второго дня инкубации и в дальнейшем через день проводят профилактическую обработку икры против сапролегниоза. Применяют раствор метиленовой сини в разведении 1:100000, время экспозиции 30 мин. Отбор погибшей и зараженной икры проводят периодически.

Выклюнувшихся личинок размещают по заранее заготовленным лоткам.

**РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК.** Эмбрионы осетровых имеют большой желточный мешок, непропорционально большую голову и слабо развитые внутренние органы. Глаза отмечены только пигментными пятнами. Движение личинок очень напоминает движение головастиков. Личинки реагируют на свет, движутся в толще воды и опускаются на дно, где часто образуют скопления - рои.

При оптимальной температуре 19 - 22 °С личинки примерно 7 дней развиваются за счет энергии, получаемой из желточного мешка, затем постепенно переходят на внешнее питание. Кормом личинок на этой стадии служат мелкие водные организмы: моины, дафнии и др. При отсутствии живого корма личинки опускаются на дно и потребляют донные отложения, извлекая из них определенные микроорганизмы и частички органического вещества. С началом питания личинок проглоченный корм вытесняет, так называемый, эмбриональный кал (желточную пробку). В силу того, что желудочно-кишечный тракт личинок имеет сложное строение, возможны нарушения пищеварения с последующей гибелью.

Питание личинок на первом этапе обязательно должно состоять из живых организмов. Это могут быть и личинки артемии салина, которых инкубируют из яиц в соответствующих инкубаторах.

Для размещения личинок осетра используют относительно длинные (до 4 м), узкие (0,5 - 0,8 м) лотки с небольшой глубиной воды до 15 - 20 см и незначительным течением. Для подращивания личинок пригодны также круглые и квадратные бассейны площадью до 4 кв.м. с круговым током воды. Соблюдение мер защиты от ухода личинок из лотков и бассейнов с током воды обязательны. Плотность посадки личинок от 3 до 5 тыс.шт на кв.м. При нижних значениях плотности в указанном интервале скорость роста личинок выше. Однако, снижение плотности посадки личинок до 1 тыс.шт на кв.м ведет к ухудшению показателей.

Личинки весьма плохие пловцы и их может прижимать течением к сеткам, защищающим выход воды. Удивительна способность личинок, уходить из лотков через мельчайшие отверстия. Поэтому, на выходе воды из бассейнов желательно устанавливать приспособления для облова личинок.

Лотки периодически подвергаются чистке от биологических обрастаний, а в случае необходимости, и дезинфекции.

Когда личинки осетра достигают размера 2,5 см, артемия для них становится слишком мелким кормом. В это время личинки начинают расширять свой рацион за счет донных осадков. Они ныряют вниз, разрывают носом кучки и добывают себе корм. Через 14 суток после перехода на питание донными осадками личинки готовы потреблять искусственные гранулированные корма с размером гранул до 100 - 120 мкм.

При длине 3,5 - 4 см осетры становятся крепкими и стойкими к внешним воздействиям. Их можно рассаживать по бассейнам и переводить на кормление исключительно готовыми гранулированными кормами. Без проблем переходят на кормление гранулированными кормами стерлядь, сибирский осетр, белуга бестер, веслонос. У других видов переход на питание искусственными кормами затруднен.

**ВЫРАЩИВАНИЕ ТОВАРНОЙ РЫБЫ** достигается несколькими путями: выпуском молоди в реку, по которой они попадают в море; выпуск молоди в замкнутые водоемы (озера, водохранилища) на пастбищное выращивание, выпуск в пруды и выращивание в промышленных рыбобоводных установках.

Возврат рыбы после нагула в море составляет менее 0,5%, возврат с пастбищных водоемов - 2 - 5%. Показатели для прудового и промышленного методов выращивания значительно выше.

**ВЫРАЩИВАНИЕ В ПРУДАХ.** Выращивание осетровых в прудах на естественных кормах производится при плотностях, обеспечивающих накормленность рыбы. Кормом осетровых в прудах и других открытых водоемах служат донные организмы: личинки насекомых, черви, мелкая рыба, лягушки, головастики, жуки и их личинки, водные клопы, клещи и т.п. Например, при выращивании бестера в р.х. "Кочубей" (Дагестан) принята плотность посадки молоди мас-сой 11,7 г 2700 шт на га пруда. Осенью получена молодь массой 70 г. На второй год плотность посадки составляла 80 - 100 экземпляров на га, осенью получена рыба массой 800 г. На третий год выращивания плотность посадки была 20 экземпляров на га, осенью получена рыба массой 1650 г.

Для получения высокой рыбопродуктивности необходимо кормить осетровых искусственным кормом, в качестве которого может быть использован фарш из малоценной рыбы, влажные гранулированные корма на основе фарша из рыбы и сухие гранулированные корма. Использование кормов интенсифицирует процессы загрязнения воды, поэтому для выращивания осетровых при интенсивном кормлении выбираются небольшие пруды площадью 1 - 2 га с хорошей проточностью, спускаемые полностью за 5 суток. Глубина 1,8 - 2 м. Дно пруда не должно быть заилено. Следует избегать таких прудов, в которых могут возникать следующие неблагоприятные факторы:

- температура повышается выше 28 °С;
- возможен солевой удар выше 1,7% NaCl;
- концентрация кислорода опускается ниже 5 мг/л;
- малая глубина (менее 1,5 м);
- отсутствие проточности;
- присутствие карпа (конкурент по питанию);
- сильные заросли водной растительности.

Плотность посадки рыбы при интенсивном кормлении значительно выше. Например, при выращивании сибирского осетра рекомендуется (Ф.А. Бурцев, И.И. Смольянов и др.) плотность посадки трехграммовой молоди 30000 экз./га, выход осенью 60 г. Посадка годовиков 5000 экз./га, выход осенью рыбы массой 500 г. Посадка двухлеток 3000 - 4000 экз./га, выход осенью рыбы массой 1200 г. Рыбопродуктивность прудов составляет 1700 - 2300 кг/га.

Рыбопродуктивность прудов при интенсивном кормлении зависит от множества факторов, но в первую очередь от чистоты воды, которая обеспечивается ее сменяемостью. В прудах большого размера (более 1 га) рыбопродуктивность ограничивается на уровне 800 - 1000 кг/га, в прудах меньшего размера достигает 2800 кг/га. В прудах площадью 0,06 га зарегистрирована рыбопродуктивность 4500 - 5300 кг/га.

Использование крупных прудов затрудняет или делает невозможным сортировку рыбы.

Скорость роста рыбы в прудах зависит от суммы различных факторов. В первую очередь от температуры, от наличия качественного корма и концентрации кислорода.

Выживаемость рыбы связана с наличием неблагоприятных факторов: заиленностью дна, наличием нитчатых водорослей, развитием водной растительности, скачками температуры, падением концентрации кислорода, хищниками, болезнями, паразитами.

Выживаемость в период зимовки связана с готовностью рыбы к зимовке - это упитанность рыбы, обработка против болезней и паразитов, отбор бракованной рыбы, достаточная концентрация кислорода в ходе зимовки.

Поликультура осетровых с другими видами рыб в том случае, если осетровые используются как основной вид, не всегда возможна. Выращивание карпа совместно с осетровыми, являющимися конкурентами по питанию, практически невозможно, так как карп обладает более высокими способностями поиска и потребления корма. Использование растительноядных рыб при совместном выращивании с осетровыми не всегда возможно там, где используется интенсивный водообмен в пруду, так как вместе со сбрасываемой водой уходит первичная продукция - основа питания толстолобиков.

Для выращивания осетровых и их гибридов могут быть использованы солоноватые пруды. Выращенная в пресной воде молодь без адаптации переносится в воду с соленостью 4 - 5%. К воде 5 - 7% ее адаптируют 5 - 10 часов, с 5 - 6% до 9 - 10% - за одни - двое суток. Сеголетки массой 40 г и более привыкают к солености 15%, а двухлетки растут в черноморской воде с соленостью 18%. Использование соленых вод расширяет возможности рыбоводства там, где погибают такие виды как карп и толстолобики. Зимовку рыб, выращенных в морской воде, проводят в пресных прудах.

**САДКОВОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ.** При достижении молодь массой 3 г и более она становится пригодна для дальнейшего выращивания в садках. Для выращивания мелкой рыбы пригодны

садки площадью 12 - 15 кв.м, глубиной до 2 метров. Для стенок садка используется дель с ячейей 4 - 5 мм, дно изготавливается из сита № 7 - 10 с вставкой из дели для самоочищения садка.

Плотность посадки молоди 400 экз./кв.м. Кормление продукционными кормами. Желательно применять рецептуры корма, разработанные специально для осетровых. Возможно использование пастообразных кормов.

Уход за рыбой заключается в ежедневном контроле за температурой воды и концентрацией кислорода, назначением рационов кормления, раздачей кормов и контролем за поедаемостью корма. Корректировка рационов ведется по поедаемости корма. Назначение рациона желательно проводить по методике, описанной в начале раздела, либо пользоваться соответствующими рекомендациями производителя корма. Размер гранул корма постепенно увеличивается от 2,5 до 6 мм. Контрольный облов до набора рыбой массы 20 - 30 г должен быть подекадным.

Уход за садками заключается в периодической чистке дели. Период между чистками определяется скоростью обрастания садка.

Если течение в месте установки садков не обеспечивает вынос продуктов жизнедеятельности рыбы, то под садками возможно накопление загрязнений, которые могут отрицательно повлиять на рост рыбы.

По мере роста рыбы производится ее сортировка и рассаживание в садки с более крупной ячейей 10 - 15 мм. Предел плотности посадки товарной рыбы в садках, установленных в водоемах с хорошим течением и насыщением воды атмосферным кислородом, составляет 40 - 60 кг/кв.м. Производителей и ремонтное стадо содержат при плотности в два раза меньшей, чем товарную рыбу. Ориентировочные плотности посадки рыбы в садках приведены в табл.25.

Таблица 25.

*Плотность посадки осетровых в садках  
в зависимости от средней массы рыбы.*

| Масса рыбы (кг) | Товарная рыба (шт./кв.м) | Производители (шт./кв.м) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| 0,2             | 40                       | -                        |
| 2,5             | 14                       | 7                        |
| 4,0             | 10                       | 5                        |
| 5,5             | 8                        | 4                        |
| 7 - 8           | 3 - 4                    | 2 - 1                    |

Лечение и профилактическая обработка в солевых или иных растворах применяется по мере необходимости.

Выживаемость рыбы при выращивании от 0,2 до 2,5 кг составляет в среднем 90%.

**ВЫРАЩИВАНИЕ В БАССЕЙНАХ.** Выращивание товарных осетровых в бассейнах дает возможность более полного контроля за ходом процесса. Легче осуществляется контроль и управление качеством воды, контроль кормления, профилактические обработки, лечение и сортировка.

Отход рыбы в бассейнах снижается по сравнению с аналогичными показателями для прудового и садкового выращивания, а скорость набора массы увеличивается. Рекомендуемые плотности посадки рыбы в бассейнах приведены в табл.26.

При использовании способа пресыщения воды кислородом плотность посадки корректируется в сторону повышения.

При условии выращивания товарной рыбы (сибирского осетра) в установках, обеспечивающих непрерывно оптимальную температуру 22 - 23 °С и концентрацию кислорода в бассейнах не ниже 90% насыщения, скорость набора массы рыбы представлена в табл.27. Лидирующая группа стада достигает указанных масс значительно раньше.

Таблица 26.

*Рекомендуемые плотности посадки осетровых  
при выращивание в бассейнах*

| Масса рыбы (г) | Плотность посадки (шт/кв.м) |
|----------------|-----------------------------|
| 3              | 250                         |
| 60             | 40                          |
| 700            | 20                          |

Таблица 27

*Скорость роста сибирского осетра в установках  
с регулируемыми условиями*

| Время (сут) | Масса (г) |
|-------------|-----------|
| 30          | 0,5       |
| 90          | 12        |
| 180         | 100       |
| 360         | 750       |
| 540         | 2500      |

#### ВЫРАЩИВАНИЕ ОСЕТРОВ В КАРПОВЫХ ПРУДАХ

Успехи выращивания производителей осетровых в тепловодных установках позволяют получить потомство, не связанное с их естественной средой обитания. Таким образом разрушается монополия на поставку потомства владельцами рыбоводных станций, расположенных на берегах рек, некогда служивших осетрам для нереста. Первыми нарушили монополию тепловодные рыбоводные хозяйства, расположенные при электростанциях, обладающих значительным избытком низкотемпературного тепла. В СССР было построено несколько таких хозяйств (Конаковское, Волгореченское и др.). Дальнейшее разрушение монополии на поставку потомства осетровых произошло в связи со строительством и эксплуатацией замкнутых по воде рыбоводных установок. Режим стабильной температуры, оптимальной для выращивания осетровых, принудительное насыщение воды кислородом, использование качественных кормов сократили в 4 раза сроки наступления половой зрелости осетровых. Все это сделало реальным получение потомства осетров вне связи с их природными источниками и позволило перейти к товарному производству рыбы во внутренних водоемах.

С другой стороны, интенсивное производство товарного карпа в прудах часто нерентабельно в силу сложившихся в России цен на комбикорма для рыб и товарную рыбу. Переход на выращивание осетровых вместо карпа частично решит проблему использования существующего фонда прудов. Под выращивание осетровых пригоден не весь фонд карповых прудов, а только та его часть, которая отвечает требованиям, изложенным выше.

## ***ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЫБОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА***

Практическая работа фермера-рыбовода требует от него знания и умения обращаться с техническими средствами, используемыми для создания рыбоводных установок. Технические средства аквакультуры - это огромный пласт современных знаний о материалах и методах их обработки, методах и инструментах монтажа, технических средствах, для очистки воды, ее транспортировке, насыщении газами, дегазации и т.д. В небольшой главе настоящей книги невозможно дать информацию, удовлетворяющую широкий круг специалистов, занимающихся и эксплуатацией установок и их созданием. Содержание главы следует рассматривать как краткий справочный материал по основным элементам рыбоводных установок. В разделе дается краткое описание принципа действия, расчетные формулы и таблицы для выбора оборудования и материалов. Содержание раздела подобрано таким образом, чтобы осветить вопросы, наиболее часто встающие перед практиками в процессе эксплуатации оборудования, его замены и усовершенствования.

### **НАСОСЫ**

Насосами называют машины для создания потока жидкой среды. Классификация насосов приведена на рис.23. Наибольший интерес для практиков рыбоводов представляют центробежные насосы и эрлифты.

Типовая схема включения центробежного насоса представлена на рис.24. Установка состоит из всасывающей трубы 1, обратного клапана 2, фильтра забираемой воды 3, насоса 4, задвижки 5, напорного трубопровода 6, электродвигателя насоса 7, манометра на нагнетательном трубопроводе 8, вакуумметра на всасывающем трубопроводе 9.

Вода под действием вакуума, создаваемого вращающимся насосом, поднимается на высоту  $H_v$  и нагнетается в корпусе насоса на высоту  $H_n$  в напорный трубопровод. Жидкость поднимается на суммарную высоту

$$H_0 = H_v + H_n. \quad /44/$$

Если уровень жидкости в емкости, из которой забирается вода, находится выше оси насоса, то суммарная высота подъема жидкости

$$H_0 = H_n - H_v. \quad /45/$$

Всасывание воды насосом происходит в результате образования вакуума в его корпусе. Вакуум заполняется водой под действием атмосферного давления. Максимальная теоретическая высота всасывания равна 10,33 м. Реальная высота всасывания редко превышает 6 - 7 м.

При большой высоте всасывания в движущейся жидкости происходит местное понижение давления до давления парообразования, в результате чего жидкость вскипает, а это приводит к явлению кавитации. Кавитация приводит к снижению напора, КПД и мощности насоса, так как внутренние полости насоса заполняются парами жидкости.

Насосные установки характеризуются следующими параметрами:

$Q$  - подача, м<sup>3</sup>/час или л/с;

$H$  - напор, м;

$N$  - мощность, кВт, Вт;

$H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$  - допустимая вакуумметрическая высота всасывания, м.

Напор, создаваемый насосом, расходуется на подъем жидкости на геодезическую высоту  $H_0$  (см. уравнения 1 и 2) и преодоление сопротивления движущейся воде во всасывающем  $h_{\text{вс}}$  и напорном  $h_n$  трубопроводах

$$H = H_0 - h_{\text{вс}} - h_n. \quad /46/$$

Потери напора тем выше, чем выше скорость движения жидкости и больше количество элементов, создающих сопротивление (поворотов труб, задвижек, стыков и других элементов).

Мощность, подводимая к валу насоса, всегда выше мощности, которую колесо отдает потоку жидкости, так как часть энергии тратится на преодоление трения в сальниках,



Рис.23. Классификация насосов.

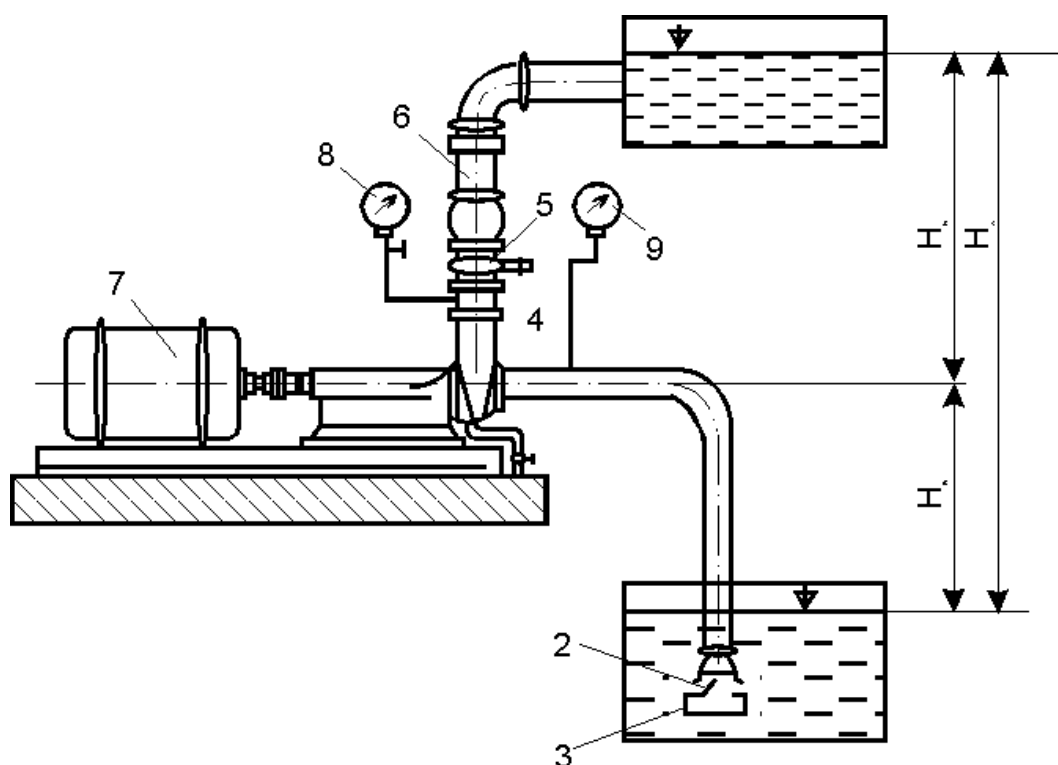


Рис.24. Типовая схема включения центробежного насоса.

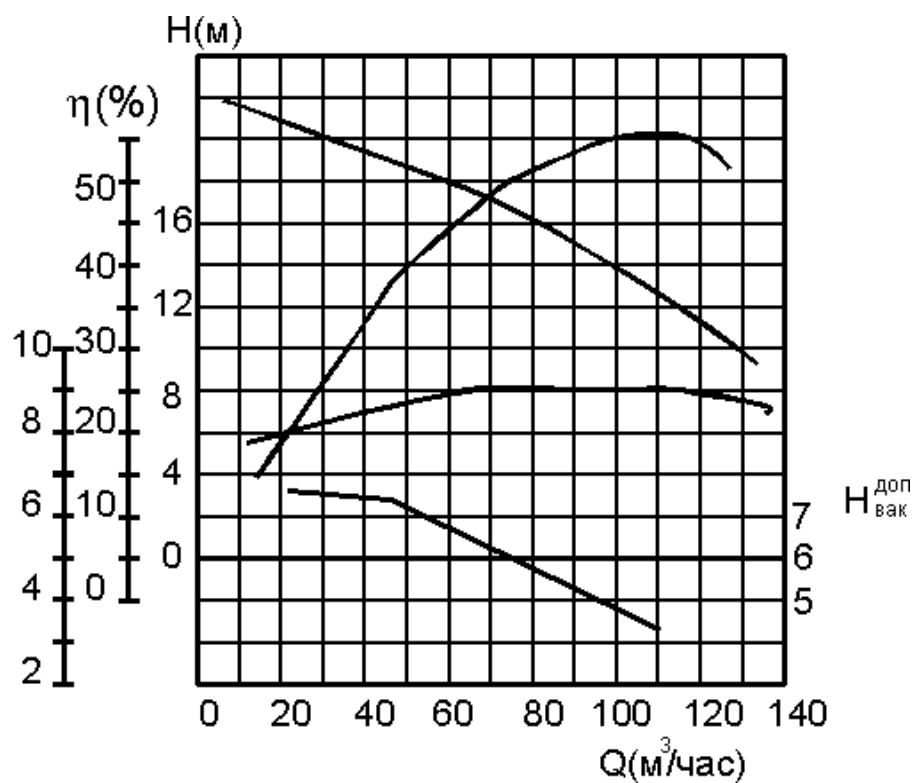


Рис.25. Рабочая характеристика насоса НПС-1.

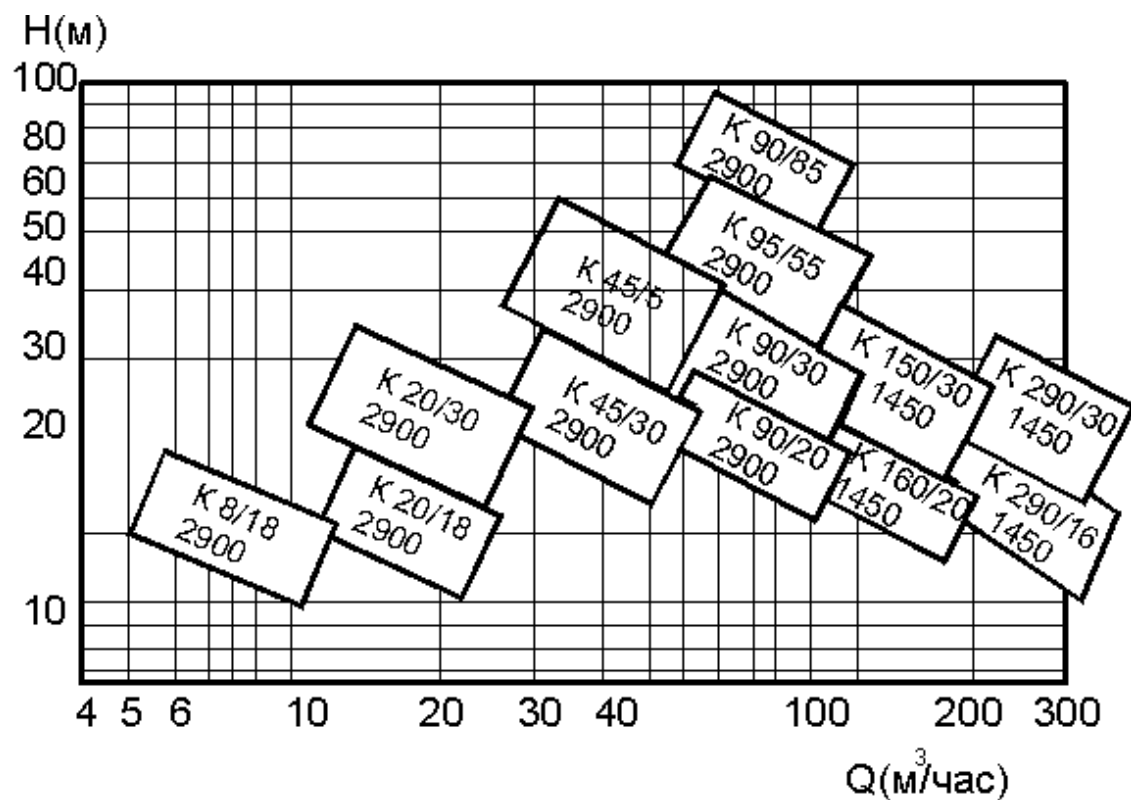


Рис.26. Сводный график полей О-Н для насосов марок К и КМ.

подшипниках и трение воды о рабочее колесо. Эффективность использования мощности оценивается кпд колеса  $\eta$ .

Момент на валу насоса определяется как отношение мощности  $N$  к угловой скорости рабочего колеса  $\omega$ .

$$M = \frac{N}{\omega} = \frac{N}{\pi \times n / 30}, \quad /47/$$

где  $n$  - скорость вращения вала, об./мин.

Все перечисленные величины, характеризующие работу насоса, взаимосвязаны. В паспорте насоса обычно приводятся характеристики для конкретной скорости вращения вала (рис.25). Правильно выбранный насос работает в зоне наивысших значений кпд.

Выбор насоса производится по двум основным показателям: подача и напор. Фирмы-изготовители насосов предоставляют потребителям сводные графики полей подача - напор ( $Q - H$ ) для тех марок насосов, которые они выпускают. Например, сводный график полей  $Q - H$  насосов марок К и КМ (рис.26). На рис.26 насос характеризуется тремя показателями

К 90/20  
2900

Здесь: 90 - подача в м<sup>3</sup>/час, 20 - напор в м, 2900 - скорость вращения вала в об./мин.

Выбранный и установленный насос работает на реальное сопротивление или напор, определяемый с помощью выражения 46. Реальный напор определяет величину расхода воды через насос. Если в практике эксплуатации насоса необходимо снизить расход воды, то можно прикрыть задвижку на напорном трубопроводе. Задвижка создает дополнительное сопротивление потоку воды, потери напора увеличиваются. В соответствии с рабочей характеристикой насоса (см. рис.25) изменится и расход воды.

Характеристику насоса можно изменить путем обточки его рабочего колеса или заменой электродвигателя другим, с большей или меньшей скоростью вращения. Связь данных для старого насоса (индекс 1) с данными видоизмененного насоса (индекс 2) дана зависимостью

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{Q_1^2}{Q_2^2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} = \frac{D_1^2}{D_2^2}, \quad /48/$$

здесь  $D$  - диаметр рабочего колеса.

Стачивать колесо можно на 7 - 20% его наружного диаметра, В насосах секционного типа с направляющими аппаратами обтачивать колеса нельзя.

Заводы-изготовители выпускают насосы общего назначения или узкоспециализированного назначения. Например: центробежные насосы двустороннего входа для перекачивания воды марки Д; насосы для подачи воды и других неагрессивных жидкостей со взвешенными частицами марок ГНОМ, АР, СОТ; насосы консольные для подачи питьевой воды и воды промышленного назначения типа К, КМ; насосы фекальные для перекачивания сточных жидкостей типа СДВ, ФВ, ФГ; насосы скважинные с погружными электродвигателями типа ЭЦВ и многие другие.

Выбор типа насоса и его параметров иллюстрируется примерами из практики работы с рыбоводными установками.

**ПОДАЧА СВЕЖЕЙ ВОДЫ.** При подпитке небольших рыбоводных установок из открытых источников (колодцы, пруды и т.п.) широко применяются бытовые центробежные насосы типа "Агидель", "Кама" и другие. Эти насосы поставляются в комплекте с обратными клапанами и рассчитаны на значительную высоту всасывания. Питание этих насосов рассчитано на электросеть с напряжением 220 В.

Пример 1. Электронасос центробежный бытовой БЦМН 3,5/17. Изготовитель - Харьковский электротехнический завод. Полный напор 17 м, наибольшая высота всасывания - 7 м, подача воды при полном напоре - 3,5 м<sup>3</sup>/час, электропитание 220 В, 0,7 кВт, масса 10,5 кг.

Бытовые насосы имеют высокую надежность и хорошо обеспечивают работы в повторно-кратковременном режиме включения.

Пример 2. При подпитке рыбоводных установок с расходом воды от 20 до 240 м<sup>3</sup>/час с установкой насоса выше уровня водоема применяются самовсасывающие насосы Кусинского машиностроительного завода марки НЦС (табл.28). Насос вместе с двигателем монтируется на салазках и может устанавливаться по временной схеме.

Насосы НЦС снабжены всасывающими рукавами с фильтром и вмонтированным обратным клапаном. Это позволяет монтировать их со схемой автоматического включения.

Насосы рассчитаны на попадание в воду твердых частиц в виде песка и т.п.

Пример 3. Для подачи воды из артезианских скважин применяются специальные насосы с погружными электродвигателями. Обмотки электродвигателей таких насосов покрываются высококачественной эмалевой изоляцией, что позволяет охлаждать их потоком воды, создаваемым насосом. Скважинный насос с подключенным электродвигателем опускается в скважину на трубах водоподачи. Особенностью выбора параметров Н - Q скважинного насоса является необходимость учитывать уровень динамического понижения воды в скважине во время включения насоса

$$H = H_0 - h_n - h_d, \quad /49/$$

здесь  $h_{вс} = 0$ , так как насос погружается в воду. Технические данные погружных центробежных насосов типа ЭЦВ приведены табл.29.

Таблица 28

*Технические данные насосов НЦС*

| Марка  | Подача<br><br>Q,<br>м <sup>3</sup> /час | Напор       |                     | n,<br><br>об/мин | N,<br><br>кВт | Тип двигателя<br>и мощность<br>кВт | Масса агрегата<br><br>кг |
|--------|-----------------------------------------|-------------|---------------------|------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------|
|        |                                         | Полный<br>м | Самовсасывание<br>м |                  |               |                                    |                          |
| ЦНС-1  | 18                                      | 20,5        | до 5                | 3000             | 5,79          | Эл.двиг.<br>4А112М2<br>7,5 кВт     | 250                      |
|        | 120                                     | 11,3        |                     |                  | 6,96          |                                    |                          |
|        | 130                                     | 8,3         |                     |                  | 6,91          |                                    |                          |
| ЦНС-2  | 18                                      | 20,5        | до 5                | 3000             | 5,79          | Бензин<br>УД2-М1<br>8 л.с.         | 268                      |
|        | 120                                     | 11,3        |                     |                  | 6,96          |                                    |                          |
|        | 130                                     | 8,5         |                     |                  | 6,91          |                                    |                          |
| ЦНС-3  | 8                                       | 21,7        | до 5                | 3000             | 2,38          | Эл.двиг.<br>4А100S2<br>4 кВт       | 150                      |
|        | 36,4                                    | 15,9        |                     |                  | 3,14          |                                    |                          |
|        | 60,0                                    | 4,3         |                     |                  | 3,76          |                                    |                          |
| ЦНС-4  | 8                                       | 21,2        | до 5                | 3000             | 2,38          | Бензин<br>УД2-М1<br>8 л.с.         | 190                      |
|        | 36,4                                    | 15,9        |                     |                  | 3,14          |                                    |                          |
|        | 60,0                                    | 4,3         |                     |                  | 3,76          |                                    |                          |
| С-569М | 40,0                                    | 20          | до 4                | 1500             | 10            | Эл.двиг.<br>4А160S4<br>15 кВт      | 440                      |
|        | 120,0                                   | 19          |                     |                  | 13            |                                    |                          |
|        | 250,0                                   | 14          |                     |                  | 14            |                                    |                          |

**ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ.** Особенностью использования циркуляционных насосов в замкнутых по воде системах является потребность в напорах до 10 м при значительном расходе воды, высокая надежность и низкое удельное энергопотребление. Этим требованиям отвечают насосы типа ЦВЦ и некоторые фекальные насосы.

Для небольших замкнутых систем могут найти применение циркуляционные маломощные насосы типа ЦВЦ (табл.30). Это малогабаритные насосы с встроенным асинхронным двигателем. На вал электродвигателя насажено колесо без сальникового насоса. Такая конструкция обеспечивает эксплуатацию насоса без постоянного наблюдения. Смазка и охлаждение подшипника осуществляется перекачиваемой водой. Насосы устанавливаются на трубах и предназначены для горячего водоснабжения и центрального водяного отопления.

Такая конструкция обеспечивает эксплуатацию насоса без постоянного наблюдения. Смазка и охлаждение подшипника осуществляется перекачиваемой водой. Насосы устанавливаются на трубах и предназначены для горячего водоснабжения и центрального водяного отопления.

Для замкнутых систем с производительностью до 20 т рыбы в год могут применяться фекальные насосы марок ФГ, СД (табл.31).

Таблица 29

*Технические данные насосов ЭЦВ*

| Марка насоса   | Диаметр скважины, мм | Q, м <sup>3</sup> /час | H, м | Мощность эл.двиг., кВт |
|----------------|----------------------|------------------------|------|------------------------|
| 1ЭЦВ-4-4-45    | 100                  | 4                      | 44   | 1                      |
| 1ЭЦВ-4-4-70    | 100                  | 4                      | 67   | 1,6                    |
| ЭЦВ-5-4-125    | 127                  | 4                      | 129  | 4,5                    |
| ЭЦВ-6,3-80     | 127                  | 6,3                    | 78   | 2,8                    |
| ЭЦВ-6-6,3-85   | 152                  | 10                     | 83   | 2,8                    |
| 1ЭЦВ-6-10-80   | 152                  | 10                     | 78   | 4                      |
| ЭЦВ-6-10-110   | 152                  | 10                     | 108  | 5,5                    |
| ЭЦВ-6-10-140   | 152                  | 10                     | 137  | 8                      |
| ЭЦВ-6-10-185   | 152                  | 10                     | 181  | 8                      |
| ЭЦВ-6-10-235   | 152                  | 10                     | 230  | 11                     |
| 3ЭЦВ-6-16-50   | 152                  | 16                     | 49   | 4                      |
| 3ЭЦВ-6-16-75   | 152                  | 16                     | 74   | 5,5                    |
| ЭЦВ-8-16-85    | 203                  | 16                     | 83   | 12                     |
| 2ЭЦВ-8-16-140  | 203                  | 16                     | 137  | 12                     |
| ЭЦВ-8-25-100   | 203                  | 25                     | 98   | 11                     |
| 1УЭЦВ-8-25-300 | 203                  | 25                     | 294  | 45                     |
| УЭЦВ-8-40-65   | 203                  | 40                     | 64   | 12                     |
| УЭЦВ-8-40-165  | 203                  | 40                     | 161  | 22                     |
| ЭЦВ-10-63-65   | 254                  | 63                     | 64   | 22                     |
| ЭЦВ-10-63-110  | 254                  | 63                     | 108  | 45                     |
| ЭЦВ-10-63-150  | 254                  | 63                     | 147  | 45                     |
| ЭЦВ-10-63-270  | 254                  | 63                     | 265  | 65                     |
| ЭЦВ-10-120-60  | 254                  | 120                    | 59   | 32                     |
| ЭЦВ-10-160-35  | 254                  | 160                    | 34   | 32                     |
| ЭЦВ-12-160-100 | 304                  | 160                    | 98   | 65                     |
| ЭЦВ-12-210-85  | 304                  | 210                    | 83   | 65                     |

Таблица 30

*Технические данные насосов ЦВЦ*

| Марка насоса | Диаметр<br>рабочего ко-<br>леса, м | Q,<br>м <sup>3</sup> /час | H, м | Мощ-<br>ность<br>эл.двиг., кВт | Масса,<br>кг |
|--------------|------------------------------------|---------------------------|------|--------------------------------|--------------|
| ЦВЦ 2,5-2    | 52                                 | 2,5                       | 2    | 0,11                           | 8            |
| ЦВЦ 4-2,8    | 57                                 | 4                         | 2,8  | 0,18                           | 10           |
| ЦВЦ 6,3-3,5  | 67                                 | 6,3                       | 3,5  | 0,24                           | 12           |
| ЦВЦ 10-4,7   | 74                                 | 10                        | 4,7  | 0,43                           | 34           |
| ЦВЦ 16-6,7   | 88                                 | 16                        | 6,7  | 0,85                           | 38           |
| ЦВЦ 25-9,2   | 104                                | 25                        | 9,2  | 1,62                           | 43           |

Таблица 31

*Технические данные фекальных насосов*

| Марка насоса | Q, м <sup>3</sup> /час | H, м | Мощность<br>эл.двиг., кВт | Масса, кг |
|--------------|------------------------|------|---------------------------|-----------|
| ФГ 14,5/10   | 14,5                   | 10   | 1,5                       | 140       |
| ФГ 25,5/14,5 | 25,5                   | 14,5 | 3                         | 150       |
| ФГ 57,5/9,5  | 57,5                   | 9,5  | 4                         | 150       |
| ФГ 144/10,5  | 144                    | 10,5 | 10                        | 542       |
| СД 160/10    | 160                    | 10   | 11                        |           |

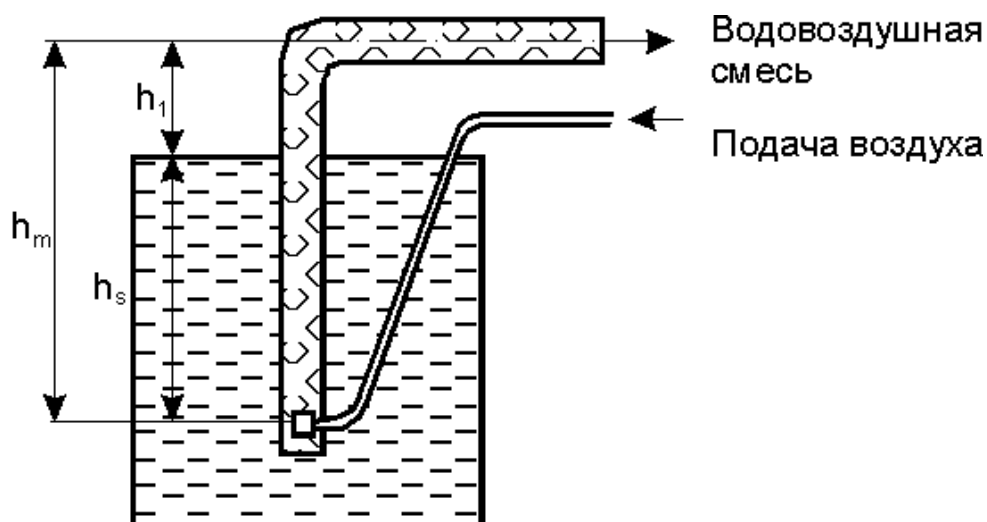


Рис.27. Эрлифт.

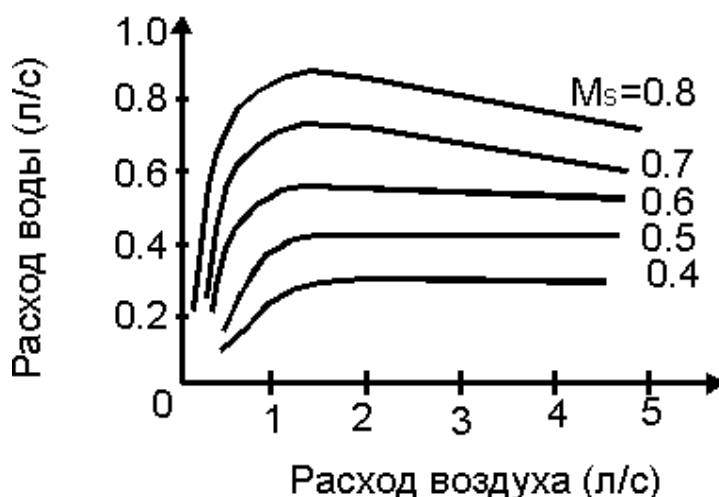


Рис.28. Зависимость расхода воды от расхода воздуха и относительной степени погружения для эрлифта  $d=28,3$  мм, длина 7,5 м

В замкнутых рыбоводных установках, работающих с использованием сжатого воздуха для насыщения воды кислородом, циркуляция воды может осуществляться с помощью эрлифтов.

Эрлифт - насос, работающий на сжатом воздухе, представляет собой трубу с открытыми концами, в которую нагнетается воздух; нижняя часть трубы опущена в воду (рис.27). Принцип действия насоса основан на разности между удельным весом воды, окружающей трубу снаружи, и удельным весом водо-воздушной смеси, наполняющей трубу. На основании закона гидростатики

$$h_m \times \rho_{см} = h_s \times \rho_v, \quad /50/$$

где  $\rho_{см}$  - удельный вес водо-воздушной смеси;

$\rho_v$  - удельный вес воды.

Так как  $\rho_{см} < \rho_v$ , то  $h_m > h_s$ . Если непрерывно подавать воздух в трубку, то наступит момент, когда  $h_m - h_s$  будет больше  $h_l$  - высоты подъема воды и водо-воздушная смесь начнет вытекать из верхнего конца трубы.

Воздушный минимальный поток, необходимый для работы эрлифта, рассчитывается по эмпирической формуле

$$Q_{возд} = \frac{0,35 \times (1 - M_s) \times A \times \sqrt{g \times d}}{1,2 \times M_s - 0,2}, \quad /51/$$

где  $M_s = h_s/h_m$  - относительное погружение трубы эрлифта, см<sup>2</sup>;

$Q_{возд}$  - минимальный расход воздуха, при котором эрлифт начинает работать, см<sup>3</sup>/сек;

$A$  - площадь поперечного сечения трубы эрлифта, см<sup>2</sup>;

$g$  - 981 см/сек<sup>2</sup> - ускорение свободного падения;

$d$  - диаметр трубы эрлифта, см.

Как следует из уравнения 51 - минимальное количество воздуха, обеспечивающее начало работы эрлифта, зависит от относительного погружения трубы  $M_s$  и ее диаметра  $d$ .

Пузырьки воздуха в идеале должны быть как можно мельче, чтобы они не поднимались в воде, а вместе с водой. Однако, это входит в техническое противоречие с расходом энергии на создание весьма мелких пузырьков воздуха. Высота заглубления эрлифта также имеет решающее значение: чем больше заглубление, тем больше напор, развиваемый эрлифтом.

К сожалению, для описания работы эрлифтов с высотой подъема воды менее трех метров нет даже эмпирического выражения. Создание эрлифта такого назначения есть задача экспериментальная. Характер связи между расходом воздуха в эрлифте, расходом воды и относительным заглублением трубы  $M_s$  приведен на (рис.28). В качестве примера принят эрлифт в виде трубы диаметром 28,3 мм, длиной 7,5 м (рис.28).

Если необходим эрлифт для подъема воды из скважины, когда высота подъема более 3 м, то применима эмпирическая формула для расчета расхода воздуха, потребного для подъема 1 л воды

$$Q_{\text{возд}} = \frac{0,8 \times h_1}{C \times \log_{10} (h_s + 10,36) / 10,36}, \quad /52/$$

где  $h_1$  - высота подъема воды, м;

$h_s$  - глубина погружения, м;

$C$  - константа (см. табл.32).

Таблица 32

*Значение константы  $C$*

| Высота подъема воды, м | $C$  |
|------------------------|------|
| 3 - 18                 | 9981 |
| 18 - 61                | 9492 |
| 61 - 152               | 8800 |
| 152 - 198              | 7537 |
| 198 - 230              | 6355 |

КПД эрлифта редко бывает выше 60%, что ограничивает его применение в качестве насоса. При выращивании водных объектов возникает необходимость аэрации воды, поэтому эрлифты широко применяются, выполняя одновременно функции аэратора и насоса,

**ОСУШЕНИЕ ЕМКостей ПОГРУЖНЫМИ НАСОСАМИ.** В практике эксплуатации рыбо-водных установок возникают проблемы с осушением емкостей, из которых невозможно спустить воду по каким-либо причинам. Осушение емкостей выполняют с помощью погружных насосов типа ГНОМ. Это переносные центробежные погружные электронасосы, предназначенные для откачки воды плотностью до  $1100 \text{ кг/м}^3$  при содержании до 10% по массе твердых частиц с плотностью не более  $2500 \text{ кг/м}^3$  и максимальным размером до 5 мм.

Насос выполняется в едином корпусе с электродвигателем с заводским подключением электрокабеля через систему уплотнений и уплотнениями между двигателем и насосом. Перед опусканием в резервуар с водой насос подключается к сети, проверяется направление вращения и прикрепляется шланг подачи воды на напорный патрубок. Насос опускается в воду на несущем тросе. Технические данные насосов ГНОМ приведены в табл.33.

Таблица 33

### *Технические данные насосов ГНОМ*

| Марка насоса | Q,<br>м <sup>3</sup> /час | H, м | Мощ-<br>ность эл.дв.,<br>кВт | Диаметр<br>нагнет.<br>шланга,<br>дюйм | Масса, кг |
|--------------|---------------------------|------|------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| ГНОМ 10-10Г  | 10                        | 10   | 1,1                          | 2                                     | 19,5 -    |
| ГНОМ 10-10Т  |                           |      |                              |                                       |           |
| ГНОМ 25-20   | 25                        | 20   | 4,0                          | 3                                     | 19,4      |
| ГНОМ 40-25   | 40                        | 25   | 5,5                          | 3                                     | 54        |
| ГНОМ 53-10Т  | 53                        | 10   | 4,0                          | 4                                     | 52        |
|              |                           |      |                              |                                       | 54        |

## ТРУБОПРОВОДЫ

**ВЫБОР ДИАМЕТРА ТРУБЫ.** При создании и эксплуатации рыбоводной установки приходится решать задачу прокладки напорных и безнапорных трубопроводов и связанную с ней задачу выбора диаметра трубы. Выбор диаметра трубы напорного трубопровода решается технико-экономическими методами. В расчет учитываются затраты на строительство трубопровода, а они тем больше, чем больше диаметр трубы и, с другой стороны, затраты на эксплуатацию трубопровода за конкретный срок службы, а они тем меньше, чем больше диаметр трубы, так как составной частью в эксплуатационные затраты входит энергия на перекачивание воды. Минимизируя сумму двух видов затрат, получаем искомый диаметр трубы. Такой способ выбора может пригодиться при расчете длинных трубопроводов, когда сопротивление, оказываемое трубой, значительно превышает так называемые местные сопротивления, обусловленные поворотами трубы, задвижками и сужениями.

Трубопроводы рыбоводных установок, как правило, относятся к коротким, в которых местные потери напора выше потерь напора по длине трубы. При выборе диаметра трубопроводов, пропускающих технологическую воду или рыбоводный осадок, решающую роль играют не технико-экономические расчеты, а расчеты, связанные с возможным заилинием или обрастанием трубопроводов. Технологическая вода рыбоводной установки в какой-то мере сравнима при перекачивании с жидкими стоками животноводческих комплексов. В большей степени это относится к перекачиванию рыбоводных осадков. Расчет сводится к выбору диаметра трубопровода, обеспечивающего такую скорость движения жидкости, при которой не происходит выпадения осадка в трубах.

При выборе диаметра трубопровода, пропускающего достаточно чистую отфильтрованную воду рыбоводной установки, скорость и характер движения жидкости должны быть такими, чтобы биологическая пленка, нарастающая на стенках трубопроводов, отрывалась током воды. В противном случае разрастание пленки закрывает сечение трубы до полной закупорки.

Взаимосвязь между расходом воды Q, диаметром трубопровода D<sub>y</sub> и скоростью движения жидкости задано уравнением

$$Q = \omega \times v = \pi \times D_y^2 \times v / 4, \quad /53/$$

где  $\omega$  - живое сечение трубы.

Решение относительно D<sub>y</sub> при следующих размерностях: v в м/сек, Q в м<sup>3</sup>/час

$$D_y = 18,8 \times \sqrt{Q / v} \quad (\text{мм}). \quad /54/$$

В соответствии с уравнением 54 диаметр трубопровода определяется по требуемому расходу воды  $Q$  в м<sup>3</sup>/час и скорости движения жидкости  $v$  в м/сек, обеспечивающей незаиляемость трубопровода,

При перекачивании жидких стоков свиноводческих комплексов с влажностью более 92% (влажность рыбоводного осадка примерно 95%) рекомендуются следующие незаиляющие скорости движения стоков (табл.34).

Таблица 34

*Незаиляющие скорости движения стоков  
свиноводческих комплексов*

| $D_v$ , мм | $v$ , м/сек |
|------------|-------------|
| 150        | 0,9         |
| 200        | 1,0         |
| 250        | 1,1         |
| 300        | 1,2         |
| 400        | 1,25        |

С уменьшением диаметра трубопровода рекомендуемые скорости движения жидкости снижаются, так как при меньших диаметрах сильнее сказывается турбулентность движения жидкости из-за шероховатости стенок трубы.

Практика эксплуатации замкнутых рыбоводных установок показала, что для самоочищения трубопроводов от обрастаний биопленкой скорость движения воды во всасывающем трубопроводе должна быть не менее 1 м/сек, в напорных трубопроводах - в пределах 1,25 - 2,5 м/сек.

Безнапорные трубопроводы, входящие в состав рыбоводных установок, рассчитываются как открытые каналы с использованием формул Маннинга (см. раздел "Пруды").

В состав рыбоводной установки могут входить трубопроводы различного назначения: для теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения, канализации рыбоводных стоков. При выборе типа труб учитывают давление и температуру транспортируемой среды. Различают следующие значения давления:  $P_y$  - условное, на которое рассчитан трубопровод,  $P_p$  - фактическое давление в процессе эксплуатации и  $P_{пр}$  - испытательное давление на прочность и плотность трубопровода. Условное давление для трубопроводов и арматуры должно соответствовать следующему ряду: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1,1; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 8,0 и т.д. до 800 МПа.

Для сохранения у всех деталей трубопроводов и арматуры (вентили, краны, задвижки, клапаны) проходного сечения, при котором обеспечиваются расчетные условия, введено понятие условного прохода  $D_v$  в мм, под которым подразумевается внутренний диаметр трубопровода или арматуры. Условный диаметр фланцев и соединительных частей трубопроводов принимается в соответствии с условным диаметром трубы, к которой они присоединяются. В соответствии со стандартом Ст СЗВ 254-76 диаметры условных проходов должны соответствовать 6, 10, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 600, и далее до 2000. Обозначение диаметра условного прохода 50 мм -  $D_{v50}$ . Диаметр условного прохода арматуры не всегда совпадает с фактическим проходным диаметром трубопровода, так как стальные трубы имеют постоянные наружные диаметры и переменную толщину стенки.

В санитарно-технических системах до  $D_{v50}$  применяются стальные водо-газопроводные трубы, обозначаемые  $D_v$ , а свыше - стальные сварные и бесшовные трубы обозначаемые  $D_n \times \delta$ , где  $D_n$  - наружный диаметр трубы,  $\delta$  - переменная толщина стенки в мм.

Водо-газопроводные трубы соединяются на сварке и с помощью соединительных частей на резьбе, а с арматурой - на резьбе. Стальные электросварные и бесшовные трубы соединяются на сварке, а к арматуре присоединяются с помощью фланцев (при  $D_v > 50$  мм).

СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ изготавливаются заводами в соответствии с государственными стандартами: стальные водо-газопроводные по ГОСТ 3262-75 (табл.35), стальные бесшовные по ГОСТ 8732-78, стальные бесшовные по ГОСТ 8734-75, электросварные по ГОСТ 10704-76 и т.д.

К трубам, выпускаемым по ГОСТ 3262-75, заводами выпускаются соединительные части с резьбой с условным проходным сечением от 15 до 50 мм: муфты, угольники, тройники, кресты, тройники и кресты с переходом на другой диаметр, муфты переходные, гайки и контргайки, ниппели и сгоны.

Таблица 35

*Водо-газопроводные стальные трубы по ГОСТ 3262-75,  
размеры, мм, масса, кг.*

| Д <sub>у</sub> | Д <sub>н</sub> | Легкие |           | Обыкновенные |           | Усиленные |           |
|----------------|----------------|--------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|                |                | δ      | Масса 1 м | δ            | Масса 1 м | δ         | Масса 1 м |
| 6              | 10,2           | 1,8    | 0,37      | 2            | 0,4       | 2,5       | 0,47      |
| 8              | 13,5           | 2      | 0,57      | 2,2          | 0,41      | 2,8       | 0,74      |
| 10             | 17             | 2      | 0,74      | 2,2          | 0,8       | 2,8       | 0,98      |
| 15             | 21,3           | 2,5    | 1,16      | 2,8          | 1,28      | 3,2       | 1,43      |
| 20             | 26,2           | 2,5    | 1,5       | 2,8          | 1,66      | 3,2       | 1,86      |
| 25             | 33,5           | 2,8    | 2,12      | 3,2          | 2,39      | 4         | 2,91      |
| 32             | 42,3           | 2,8    | 2,73      | 3,2          | 3,09      | 4         | 3,78      |
| 40             | 48             | 3      | 3,33      | 3,5          | 3,84      | 4         | 4,34      |
| 50             | 60             | 3      | 4,22      | 3,5          | 4,88      | 4,5       | 6,16      |
| 65             | 75,5           | 3,2    | 5,71      | 4            | 7,05      | 4,5       | 7,88      |
| 80             | 88,5           | 3,5    | 7,34      | 4            | 8,34      | 4,5       | 9,32      |
| 90             | 101,3          | 3,5    | 8,44      | 4            | 9,6       | 4,5       | 10,74     |
| 100            | 114            | 4      | 10,85     | 4,5          | 12,15     | 5         | 13,44     |
| 125            | 140            | 4      | 13,42     | 4,5          | 15,04     | 5,5       | 18,24     |
| 150            | 165            | 4      | 15,88     | 4,5          | 17,81     | 5,5       | 21,63     |

Примечания к таблице 35:

Для соединения трубопроводов на сварке заводами выпускаются стандартные приварные детали из углеродистой стали: отводы гнутые и сварные (гнутые под углами 15, 30, 45, 60 и 90°, сварные под углами 30, 45, 60 и 90°), тройники бесшовные, сварные, штампованные; седловины накладные, переходы с диаметра на диаметр, заглушки эллиптические, днища плоские и ребристые.

1. В таблице приведена масса черных (не оцинкованных) труб. Масса оцинкованных труб на 3% больше.

2. Трубы применяются для рабочей среды с температурой до 200 °С: легкие и обыкновенные при  $P_y = 1$  МПа или 10 кг/см<sup>2</sup>; усиленные - при  $P_y = 1,6$  МПа или 16 кг/см<sup>2</sup>.

Фланцевые соединения трубопроводов с Д<sub>у</sub> от 50 до 300 мм включительно выполняются с помощью круглых плоских фланцев с соединительным выступом по ГОСТ 12820-80. Фланцы отличаются по условному давлению в трубопроводе для  $P_y$  до 1 МПа или 10 кг/см<sup>2</sup> и для  $P_y$  до 1,6 МПа или 16 кг/см<sup>2</sup>.

Для решения некоторых задач при создании рыбоводных установок могут быть использованы чугунные напорные и канализационные трубы.

**ЧУГУННЫЕ НАПОРНЫЕ ТРУБЫ**  $D_y$  от 65 до 300 мм изготавливают по ГОСТ 9583-75 со стыковыми соединениями (раструбами), в которые вставляются резиновые уплотнительные манжеты по ГОСТ 21053-75 (ТУ 14-3-259-74). Поставка труб идет вместе с уплотнительными манжетами. Трубы используют в питьевом водоснабжении. При укладке трубы покрывают битумом.

**ЧУГУННЫЕ КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ ТРУБЫ** с раструбами изготавливают  $D_y$  50, 100 и 150 мм по ГОСТ 6942.24-80. К ним выпускаются различные фасонные части, тройники и т.п., обеспечивающие сборку канализационных сетей нужной конфигурации. Трубопроводы собираются с обмазкой стыков.

**КЕРАМИЧЕСКИЕ ТРУБЫ** применяются как самотечные (канализационные) безнапорные водоводы. Выпускаются по ГОСТ 286-82 диаметром от 150 до 600 мм с шагом 50 мм, длиной 1000, 1200, 1300, 1400, 1500 мм. Трубы выдерживают гидравлическое давление до 0,15 МПа или  $1,5 \text{ кг/см}^2$ .

**АСБОЦЕМЕНТНЫЕ ТРУБЫ** выпускаются напорными по ГОСТ 539-80 и безнапорными по ГОСТ 1839-80. Напорные трубы соединяются между собой с помощью асбоцементных муфт с двумя резиновыми фигурными кольцами по ГОСТ 5228-76. Напорные трубы выпускаются на три значения давления: тип 1 -- 0,6 МПа, тип 2 - 0,9 МПа, тип 3 - 1,2 МПа. Условный проход: тип 1 - 100 - 400 мм с шагом 50 мм, тип 2 - 200 - 400 мм с шагом 50 мм, тип 3 - 200 мм.

Безнапорные асбоцементные трубы выпускаются  $D_y$  100, 200, 300, 400 мм. Трубы соединяются гладкими муфтами длиной 180 мм, которые заделываются льняной прядью и мастикой. Могут присоединяться к чугунным трубопроводам.

**ТРУБЫ ИЗ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС.** Для сетей водопровода, стоков воды, наружных сетей канализации диаметром до 630 мм применяют напорные трубы и фасонные части из полиэтилена низкой плотности (ПНП), высокой плотности (ПВП), поливинилхлорида (ПВХ) и полипропилена (ПП). Трубы из этих материалов не применяются для пожарных водоводов и транспортировки абразивных сред. Для внутренних безнапорных трубопроводов применяются трубы и фасонные части из ПВП, ПНП, ПВХ.

При выборе труб следует руководствоваться данными заводов-изготовителей. Допускается применять фасонные части, выполняемые методом сварки.

Давление в трубопроводах при  $20^\circ\text{C}$  ограничено: для труб типа Л (легкие) -  $2,5 \text{ кг/см}^2$ , С (средние) -  $6 \text{ кг/см}^2$ , СЛ (средне легкие) -  $4 \text{ кг/см}^2$ , Т (тяжелые) -  $10 \text{ кг/см}^2$ . В трубопроводах безнапорной канализации допускаются для залповых расходов жидкости повышение температуры до  $100^\circ\text{C}$  для материалов ПВП и ПНП, а для труб из ПВХ - до  $65^\circ\text{C}$ .

При замерзании воды в полиэтиленовых трубах они, не разрушаясь, раздуваются. При оттаивании трубы принимают прежнюю форму. Трубы типа Л при отрицательных температурах в напорных трубопроводах применять не рекомендуется.

Для применения в системах выращивания рыбы рекомендуется использовать трубы из винилпласта НПВХ на  $P_y = 10 \text{ кг/см}^2$ . Эти трубы пригодны для внутренних и наружных трубопроводов. Номенклатура труб из НПВХ Броварского завода пластмасс приведена в табл.36

Таблица 36

*Номенклатура труб из НПВХ*

| Номер технических условий | $D_y$ , мм | $\delta$ , мм |
|---------------------------|------------|---------------|
| ТУ 6-19-99-78             | 25         | 1,5           |
|                           | 50         | 2,4           |
| ТУ 6-19-051 № 339-81      | 63         | 3             |
|                           | 90         | 4,3           |

|                |     |      |
|----------------|-----|------|
| ТУ 6-19-100-78 | 110 | 5,3  |
|                | 160 | 7,7  |
|                | 225 | 10,8 |
|                | 280 | 13,4 |
|                | 315 | 15   |

Поставляются трубы длиной 6 м.

В зарубежной практике трубы из материалов, аналогичных НПВХ, широко применяются при устройстве рыбоводных установок. Из этих материалов изготавливаются фасонные части (тройники, крестовины, переходы с диаметра на диаметр и т.п.), а также изготавливается запорная арматура: вентили, краны, задвижки.

Монтаж трубопроводов из НПВХ осуществляется с помощью клеевых и резьбовых соединений. Для резки труб из НПВХ пригодна ручная ножовка по дереву.

## ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА

В процессе эксплуатации рыбоводных установок приходится сталкиваться с проблемами технического обслуживания, ремонта и замены запорной арматуры в сетях водо- и теплоснабжения. Необходимые краткие сведения об этих приборах излагаются в настоящем разделе. В рыбоводных установках используется, как правило, арматура общепромышленного назначения, изготовленная с соблюдением соответствующих стандартов. Не исключено использование и специальной арматуры, например, вентилей и кранов из пластических материалов, широко применяемых в зарубежной практике.

По способу соединения с трубопроводами арматура разделяется на муфтовую (резьбовое соединение), фланцевую, цапковую (с наружной резьбой на концах) и приварную (стальную).

Арматура изготавливается из серого чугуна (ч), ковкого чугуна (кч), стали (с), латуни или бронзы (л), алюминия (а), нержавеющей стали (нж). Применяют также арматуру из пластических масс.

**УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ** трубопроводов с запорной арматурой регламентируются рядом правил.

Значения давлений и температур не должны выходить за пределы, установленные Котлонадзором для данных материалов и условий их эксплуатации.

Чугунная арматура должна быть защищена от напряжений изгиба, а если это невозможно выполнить, то применяется стальная арматура.

В дренажных и водовыпускных устройствах не допускается применение арматуры из серого чугуна.

На трубопроводах с условным проходом от 15 до 40 мм включительно в качестве запорной арматуры следует устанавливать краны и вентили, а при  $D_y$  50 и более - задвижки.

Краны с проходным сечением до 40 мм устанавливаются при температуре воды до 100 °С.

Материал корпуса арматуры выбирается, исходя из параметров рабочей среды, условного проходного сечения и условий эксплуатации. При этом для теплопроводов следует руководствоваться требованиями "Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды" и "Тепловые сети".

В системах горячего водоснабжения аппаратура с условным проходным сечением менее 50 мм должна быть из цветных металлов. Вентили  $D_v$  менее 50 мм должны быть муфтовыми, при  $D_v$  более 50 мм - фланцевыми.

Для сетей канализации трубопроводы и арматуру принимают с  $P_v$  до 10 кг/см<sup>2</sup> и температурой до 40 °С.

При муфтовом сочленении трубопроводов с арматурой необходимо учитывать размеры муфтовых концов арматуры, которые зависят от материала корпуса арматуры (табл.37).

Запорная арматура подразделяется на краны, вентили, задвижки и дисковые поворотные затворы.

Таблица 37

*Муфтовые концы арматуры*

| $D_v$ ,<br>мм | Трубная<br>резьба в<br>дюймах | Длина резьбы, мм                   |                                     |                                       |                                       |
|---------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|               |                               | Ковкий<br>чугун<br>$P_v = 2,5$ МПа | Серый чу-<br>гун<br>$P_v = 1,6$ МПа | Латунь и<br>бронза<br>$P_v = 1,6$ МПа | Латунь и<br>бронза<br>$P_v = 2,5$ МПа |
| 6             | 1/4                           | 9                                  | -                                   | 9                                     | 11                                    |
| 10            | 3/8                           | 10                                 | 12                                  | 10                                    | 12                                    |
| 15            | 1/2                           | 12                                 | 14                                  | 12                                    | 15                                    |
| 20            | 3/4                           | 14                                 | 16                                  | 14                                    | 17                                    |
| 25            | 1                             | 16                                 | 18                                  | 16                                    | 19                                    |
| 32            | 1 1/4                         | 18                                 | 20                                  | 18                                    | 22                                    |
| 40            | 1 1/2                         | 20                                 | 22                                  | 20                                    | -                                     |
| 50            | 2                             | 22                                 | 24                                  | 22                                    | -                                     |
| 65            | 2 1/2                         | 25                                 | 26                                  | 25                                    | -                                     |
| 80            | 3                             | 28                                 | 30                                  | 28                                    | -                                     |

**КРАНЫ** - запорная арматура, имеющая поворотный затвор с отверстиями. Поворотом затвора отверстие совмещается с входным и выходным отверстиями корпуса. Краны имеют малые габаритные размеры, малое гидравлическое сопротивление и простое управление (поворот затвора). Вместе с этим краны требуют достаточно большого усилия на поворот пробки, требуют тщательного ухода и смазки. В противном случае возможно «прикипание» затвора к корпусу.

В зависимости от конструкции затвора краны делятся на пробковые и шаровые. Пробковые краны бывают цилиндрические и конические. Краны с конической пробкой делятся на сальниковые, натяжные и с подъемной пробкой. Шаровые краны находят широкое применение, так как имеют хорошую герметизацию затвора и отличаются простотой управления.

Краны могут быть с ручным и дистанционным управлением.

В рыбоводных установках краны используются на подаче воды в бассейны, на сливе рыбоводного осадка, на подаче кислорода и отопительного газа.

**ВЕНТИЛИ.** Служат для перекрытия трубопровода. Корпус вентиля делится над две камеры перегородкой с круглым отверстием, имеющим посадочное место для запирающей шайбы, насаженной на подвижный лоток. Вентили предпочтительно применять в тех случаях, когда трубопровод должен находиться основное время в перекрытом состоянии. Вентили с внутренней резьбой концов при небольших проходах применяют для неагрессивных сред, при невысоких температуре и давлении. Вентили с наружной резьбой используются во всех ответственных случаях. В рыбоводных установках используются, как правило, вентили с внутренней резьбой из пластических масс, чугуна и цветных металлов.

ЗАДВИЖКИ применяются для герметичного перекрытия трубопроводов при условном давлении 1,6 - 2,5 МПа. Задвижки предпочтительно используют, когда трубопровод основное время остается открытым.

В зависимости от положения резьбовой части шпинделя относительно корпуса задвижки бывают с выдвинутым и не выдвинутым шпинделем. В зависимости от конструкции затвора задвижки делятся на клиновые параллельные и шиберные. В клиновых задвижках затвор выполнен в виде клина, расположенного в корпусе с наклонными уплотнительными поверхностями (седлами). Затвор параллельных задвижек выполнен в виде параллельного диска или параллельных дисков с внутренним распором. Шиберные задвижки имеют постоянный контакт в кольцевом уплотнении и хорошо работают в загрязненных средах, так как исключают попадание частиц загрязнения на уплотнение.

Задвижки могут иметь муфтовое присоединение для условного проходного сечения до 80 мм, фланцевое и приварное для остальных задвижек.

В рыбоводных установках задвижки находят применение при коммутации насосов, бактерицидных установок, в системах подачи воды в бассейны и т.д.

**ДИСКОВЫЕ ПОВОРОТНЫЕ ЗАТВОРЫ** - тип арматуры, в которой запирающий орган (затвор) выполнен в виде диска, поворачивающегося относительно оси, перпендикулярной или почти перпендикулярной к оси трубопровода. Дисковые поворотные затворы имеют минимальную строительную длину, небольшую массу, просты по конструкции, состоят из небольшого количества деталей и относительно дешевы.

Поворотные затворы используются при небольшом напоре и больших диаметрах трубопровода.

В рыбоводных установках поворотные затворы устанавливаются на местах подачи воды в бассейны при достаточно больших расходах воды.

**МАРКИРОВКА ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ.** В каталогах и иной технической документации применяются условные обозначения на арматуру, содержащие пять элементов информации. Пример: маркировка 30 ч 925 бр расшифровывается следующим образом: 30 - задвижка, ч - из серого чугуна, 9 - с электроприводом, 25 - модель привода, бр - уплотнительные кольца из латуни.

Часто употребляемая в рыбоводных установках арматура приведена табл.38.

Таблица 38

*Технические данные запорной арматуры,  
часто встречающейся в рыбоводных установках*

| Арматура и маркировка | Пределы применения              |    | Ду, мм | Габариты, мм |        | Д <sub>труб</sub> , дюймы | Масса, кг |
|-----------------------|---------------------------------|----|--------|--------------|--------|---------------------------|-----------|
|                       | $P_{y_2}$<br>кг/см <sup>2</sup> | °С |        | Длина        | Высота |                           |           |
| 1                     | 2                               | 3  | 4      | 5            | 6      | 7                         | 8         |

| КРАНЫ ЗАПОРНЫЕ                                                                                          |              |     |                                              |                                        |                                        |                                        |                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
| Пробковый проходной, муфтовый, на-тяжной, для жидких сред<br>11Б1бк                                     | 6            | 100 | 15<br>20<br>25<br>32<br>40                   | 55<br>65<br>80<br>95<br>110            | 65<br>76<br>94<br>108<br>120           | 1/2<br>3/4<br>1<br>1 1/4<br>1 1/2      | 0,24<br>0,36<br>0,63<br>0,92<br>1,65         |
| Тоже сальни-ковый (краны Ду 40 и 50 в ниж-ней части имеют болт для отжима пробки)<br>11Б6бк             | 10           | 100 | 15<br>20<br>25<br>32<br>40<br>50             | 55<br>65<br>80<br>95<br>110<br>130     | 75<br>90<br>108<br>123<br>168<br>186   | 1/2<br>3/4<br>1<br>1 1/4<br>1 1/2<br>2 | 0,35<br>0,6<br>0,95<br>1,25<br>2,55<br>4,33  |
| Шаровой, проходной, сальниковый, чугунный, фланцевый для воды, нефти и масла<br>11ч38п                  | 10           | 100 | 15<br>20<br>25<br>32<br>40<br>50<br>65<br>80 | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-   | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-   | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-   | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-         |
| Пробковый, проходной, сальниковый, чугунный, муф-товый, с канав-ками для воды, нефти и масла<br>11ч6бкп | 10           | 100 | 15<br>20<br>25<br>40<br>50                   | 80<br>90<br>110<br>150<br>170          | 110<br>132<br>150<br>230<br>260        | 1/2<br>3/4<br>1<br>1 1/2<br>2          | 0,65<br>1,1<br>1,9<br>3,6<br>6,5             |
| Пробковый, проходной, сальниковый, чугунный, фланцевый, для воды, нефти и масла<br>11ч8бк               | 10           | 100 | 25<br>40<br>50<br>65<br>80<br>100            | 110<br>150<br>170<br>220<br>250<br>300 | 164<br>230<br>260<br>305<br>342<br>392 | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-             | 3,4<br>7,3<br>10,6<br>16,7<br>22<br>29       |
| ВЕНТИЛИ ЗАПОРНЫЕ                                                                                        |              |     |                                              |                                        |                                        |                                        |                                              |
| Запорный, муфтовый, ла-тунный для во-ды<br>15Б3р,к                                                      | 10           | 50  | 15<br>20<br>25<br>32<br>40<br>50             | 55<br>65<br>80<br>95<br>110<br>130     | 82<br>88<br>103<br>112<br>124<br>145   | 1/2<br>3/4<br>1<br>1 1/4<br>1 1/2<br>2 | 0,38<br>0,47<br>0,78<br>1,06<br>1,78<br>2,66 |
| Запорный, муфтовый, чу-гунный для во-ды<br>15ч8р/р2                                                     | 10<br><br>16 | 50  | 15<br>20<br>25<br>32<br>40                   | 90<br>100<br>120<br>140<br>170         | 116<br>120<br>148<br>158<br>177        | 1/2<br>3/4<br>1<br>1 1/4<br>1 1/2      | 0,75<br>1,1<br>1,75<br>2,7<br>4,15           |

|                                                                                                                    |    |     |     |     |      |   |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|---|------|
|                                                                                                                    |    |     | 50  | 200 | 190  | 2 | 5,6  |
| Запорный, фланцевый из ковкого чугуна для воды и пара 15кч16п1                                                     | 25 | 225 | 32  | 180 | 210  | - | 8    |
|                                                                                                                    |    |     | 40  | 200 | 235  | - | 11   |
|                                                                                                                    |    |     | 50  | 230 | 235  | - | 14   |
|                                                                                                                    |    |     | 65  | 290 | 295  | - | 25   |
|                                                                                                                    |    |     | 80  | 310 | 325  | - | 32   |
|                                                                                                                    |    |     |     |     |      |   |      |
| Запорный, фланцевый, из серого чугуна для воды и пара 15ч14бр,п                                                    | 16 | 225 | 65  | 290 | 317  | - | 22   |
|                                                                                                                    |    |     | 80  | 310 | 335  | - | 29   |
|                                                                                                                    |    |     | 100 | 350 | 395  | - | 39,7 |
|                                                                                                                    |    |     | 125 | 400 | 440  | - | 60   |
|                                                                                                                    |    |     | 150 | 480 | 530  | - | 87   |
|                                                                                                                    |    |     | 200 | 600 | 682  | - | 142  |
| ЗАДВИЖКИ                                                                                                           |    |     |     |     |      |   |      |
| Задвижка параллельная из серого чугуна, фланцевая, с выдвижным шпинделем и ручным приводом, для воды и пара 30ч6бр | 10 | 225 | 50  | 180 | 350  | - | 18,4 |
|                                                                                                                    |    |     | 80  | 210 | 440  | - | 29   |
|                                                                                                                    |    |     | 100 | 230 | 523  | - | 39,5 |
|                                                                                                                    |    |     | 125 | 255 | 635  | - | 58,5 |
|                                                                                                                    |    |     | 150 | 280 | 720  | - | 77   |
|                                                                                                                    |    |     | 200 | 330 | 900  | - | 125  |
|                                                                                                                    |    |     | 250 | 450 | 1090 | - | 179  |
|                                                                                                                    |    |     | 300 | 500 | 1285 | - | 253  |
|                                                                                                                    |    |     | 350 | 550 | 1480 | - | 344  |
|                                                                                                                    |    |     | 400 | 600 | 1660 | - | 460  |
| То же, с электроприводом, для воды и пара 30ч6бр                                                                   | 10 | 225 | 100 | 265 | 405  | - | 75   |
|                                                                                                                    |    |     | 150 | 265 | 405  | - | 112  |
|                                                                                                                    |    |     | 200 | 892 | 1054 | - | 183  |
|                                                                                                                    |    |     | 250 | 892 | 1189 | - | 242  |
|                                                                                                                    |    |     | 300 | 897 | 1324 | - | 310  |
|                                                                                                                    |    |     | 400 | 897 | 1694 | - | 500  |
| Задвижка, клиновая, фланцевая, из серого чугуна, с не выдвижным шпинделем и ручным управлением, для воды 30 ч47бр  | 10 | 100 | 50  | 180 | 350  | - | 20   |
|                                                                                                                    |    |     | 80  | 210 | 420  | - | 35,8 |
|                                                                                                                    |    |     | 100 | 230 | 485  | - | 46,5 |
|                                                                                                                    |    |     | 150 | 280 | 590  | - | 74,5 |

## КОРРЕКЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Задача коррекции температуры воды в аквакультуре всегда актуальна. Для большинства объектов выращивание с максимальной скоростью возможно только при подогреве воды большую часть года. Особенно важна эта задача в северных широтах с суровым климатом. При решении задач созревания производителей в искусственных условиях часто необходимо понижение температуры воды. Потери энергии на коррекцию температуры воды особенно велики при использовании проточных рыбоводных установок. Принимались безуспешные попытки разработать экономные устройства в проточных рыбоводных установках. Принцип действия таких систем основан на использовании теплообменных аппаратов для передачи тепла от рыбоводно-

го стока в холодную воду, поступающую в рыбоводные бассейны. Успешной реализации этой идеи препятствует оседание ила и обрастание внутренних поверхностей теплообменника биологической пленкой, так как вода рыбоводных стоков насыщена продуктами жизнедеятельности рыб.

Не нашли широкого применения и так называемые тепловые насосы на базе компрессионных машин, работающих по принципу холодильников. Теплонасосная установка (рис.29) включает в себя компрессор - 1, конденсатор - 2, испаритель - 3. Компрессор, потребляя электрическую энергию, сжимает газ, циркулирующий по замкнутому контуру. Нагретый в результате сжатия газ отдает тепло воде, поступающей в бассейны с рыбой. Остывший в результате теплообмена с водой газ расширяется, поступая в испаритель. В результате испарения температура газа падает. За счет теплообмена с окружающей средой испаритель подогревается низкотемпературным теплом воздуха или воды. Тепло поток идет от воды или воздуха к испарителю, температура которого значительно ниже температуры окружающей среды.

Такой режим эксплуатации теплового насоса позволяет на каждый квт.ч электроэнергии, затраченной на сжатие газа, получить 3 - 4 квт.ч тепловой энергии на нагреве воды.

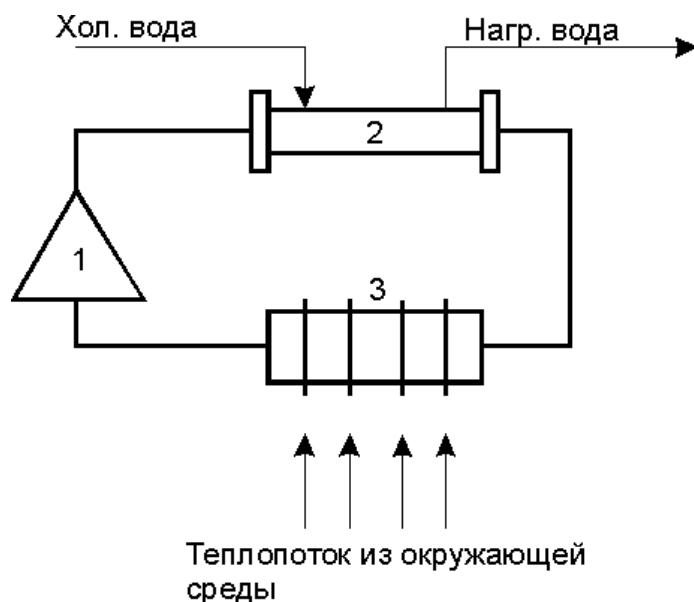


Рис.29. Схема теплового насоса: 1 - компрессор; 2 - конденсатор; 3 - испаритель.

Самая сложная проблема применения теплового насоса - это проблема теплообмена между испарителем и окружающей средой в зимнее время при отрицательных температурах воздуха и низких температурах воды, близких к точке замерзания.

Коррекция температуры в замкнутых по воде установках не требует столь масштабного теплообмена, так как расходы свежей подпиточной воды в тысячи раз меньше, чем в проточной системе. Задача коррекции сводится к компенсации потерь тепла между водой, циркулирующей в установке, и окружающей средой и доведении температуры подпиточной воды до требуемого уровня. При размещении замкнутой рыбоводной установки в отапливаемом помещении и невысоких требованиях к точности стабилизации температуры достаточно подогревать подпиточную воду с таким расчетом, чтобы компенсировать суточное снижение температуры в установке. В зимнее время подпиточную воду можно перегревать, а в жаркие летние дни подавать с температурой, ниже температуры циркулирующей воды.

Корректирующее воздействие может быть направлено непосредственно на циркулирующую воду. В этом случае дозирование энергии, вводимой в установку, должно регулироваться с помощью автоматических приборов.

Схема корректировки температуры видоизменяется в зависимости от имеющегося в распоряжении источника энергии и величины тепловых потерь.

**ЭЛЕКТРОНАГРЕВ.** Использование электронагревателей для цели коррекции температуры упрощает конструирование системы, позволяет автоматизировать процесс с помощью достаточно простых средств автоматического управления. Электронагревательные устройства для воды разработаны и широко используются. Для самых маленьких рыбоводных установок применимы автоматизированные электронагреватели для аквариумов, поступающие в продажу в магазинах "Природа". Эти нагреватели рассчитаны для размещения в аквариумах.

Для более крупных рыбоводных установок могут быть использованы проточные водоподогреватели. Например, водонагреватель электрический марки ВЗП-210, проточного типа без внутреннего давления, предназначенный для подогрева воды от 7 до 65 °С. Нагреватель обеспечивает нагрев от 7 до 65 °С 210 л воды в час, подключается к трехфазной сети 380 В, 15 кВт, имеет массу 25 кг.

Проточные электроводоподогреватели широко применяются в сельском хозяйстве. Нагрев воды осуществляется с помощью трубчатых электронагревателей - ТЭНов. Активная часть ТЭНа - спираль из сплавов высокого сопротивления. Спираль помещается в трубку-корпус, все пространство между спиралью и корпусом заполняется периклазом - кристаллической окисью магния. Концы спирали выведены из трубки-корпуса через изоляторы. ТЭНы встраиваются в корпус электроводоподогревателя и соединяются в электрическую схему в зависимости от питающей сети. Мощность одной серийной водогрейной установки не превышает 30 кВт.

Более мощные электроводоподогреватели выпускаются с электродными элементами. Металлические электроды размещаются в воде внутри корпуса нагревателя. К электродам подводится напряжение электрической сети. Ток, возникающий за счет ионной проводимости воды, нагревает ее. Промышленностью выпускаются для нужд потребителей электродные водогрейные котлы марок ЭПЗ и ЭПЗ-И2 мощностью 25, 60, 100, 250 и 400 кВт. Нагреватели серии ЭПЗ рассчитаны на использование воды с удельным электрическим сопротивлением 3 кОм при 20 °С, вода с сопротивлением менее 1 кОм и более 5 кОм непригодна. Нагреватели серии ЭПЗ-И2 рассчитаны на питание от сети 380/220 В, 50 Гц с глухо-заземленной нейтралью с соединением электродной группы в "звезду".

Электродные водоподогреватели серии КЭВ имеют ряд мощностей 9, 40, 63, 100, 160, 250, 400 и 1000 кВт. Питание от трехфазной сети с глухо-заземленной нейтралью, напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц.

Выбор мощности электронагревательной установки производится с учетом количества воды, требующей подогрев  $G$ , кг, разницы температур конечной  $t_k$ , °С и начальной  $t_n$ , °С и времени, требующегося на нагрев воды  $\tau$ , час. Количество тепловой энергии, потребной на нагрев воды,

$$W = G \times C \times K_3 \times \frac{t_k - t_n}{\tau}, \text{ ккал/час,} \quad /55/$$

где  $C$  - удельная теплоемкость воды 1 ккал/кг °С;

$K_3 = (1,1 - 1,3)$  - коэффициент запаса на тепловые потери.

Электрическая мощность нагревателя

$$P = \frac{W}{860 \times \eta}, \text{ кВт,} \quad /56/$$

здесь  $\eta = 0,88$  для электродных котлов.

**НАГРЕВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ.** Этот способ используется там, где имеется постоянный источник теплоносителя. Теплопередача от теплоносителя к подогреваемой воде осуществляется с помощью скоростных водо-водяных теплообменников, выпускаемых по ОСТ 34-588-68. Устройство водо-водяного нагревателя приведено на рис.30. В корпусе 1 размещен пучок латунных нагревательных трубок 2 диаметром 16 мм, латунные трубки свальцованы в отверстия трубных решеток 3, соединенных фланцами 4 с корпусом нагревателя. Секции подогревателя 1 и 11 соединены перемычкой 6, объединяющей внутренние пространства корпусов этих секций. Вход и выход из внутреннего пространства секции через патрубки 5 и 8. Торцы секций соединены калачом 7, на свободных концах секции установлены патрубки 9 и 10.

Теплоноситель поступает в корпус первой секции подогревателя, затем по перемычке 6 поступает в корпус второй секции и возвращается в систему теплоснабжения. Холодная вода попадает через патрубок 9 в трубки второй секции, по калачу проходит в трубки первой секции и поступает из патрубка 10 нагретой до нужной температуры.

Водо-водяные подогреватели по ОСТ 34-588-68 выпускаются секциями, из которых набирают теплообменник, собирая секции с помощью калачей последовательно или параллельно. Секции выпускаются двух длин: с трубками 2000 мм и 4000 мм, с внутренним диаметром корпуса от 50 до 512 мм.

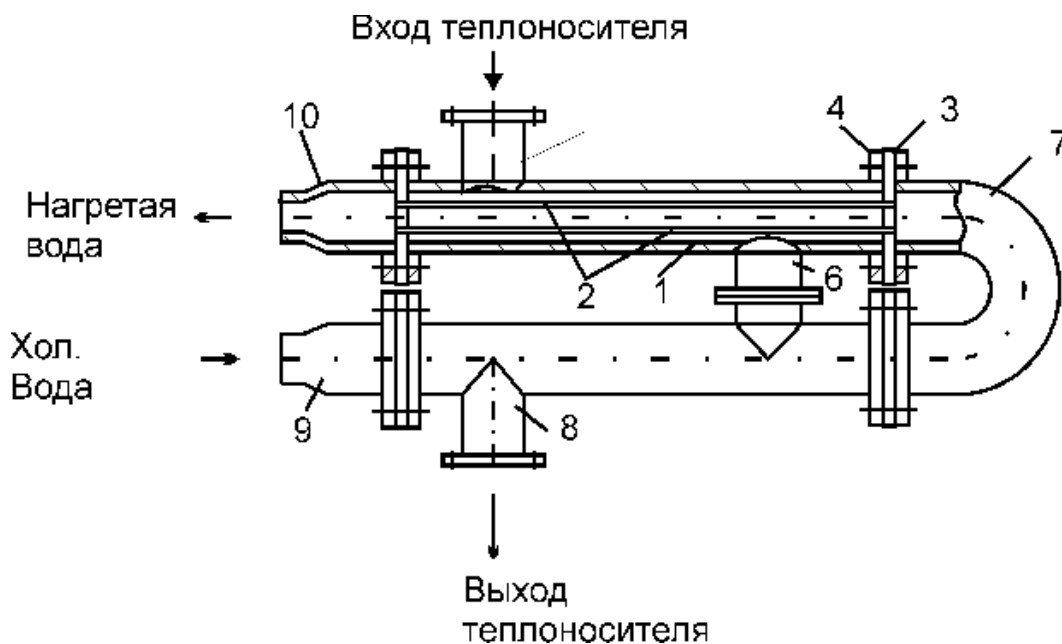


Рис.30. Водо-водяной подогреватель: 1 - корпус; 2 - трубки; 3 - трубные решетки; 4 - фланцы; 5 - патрубки входа теплоносителя; 6 - перемычка; 7 - калач; 8 - патрубок входа теплоносителя; 9 - 10 - патрубки для воды.

С увеличением диаметра корпуса секции увеличивается число трубок в корпусе от 4 до 450 шт. Технические данные водо-водяных подогревателей, наиболее часто применяемых в рыбо-водных установках, приведены в табл.39.

Таблица 39

*Технические данные водо-водяных подогревателей по ОСТ 24-588-68*

| Обозначение | Длина трубок, | Внутренн. диаметр | Площадь поверхн. | Число трубок, | Площадь живого сечения, м <sup>2</sup> |
|-------------|---------------|-------------------|------------------|---------------|----------------------------------------|
|-------------|---------------|-------------------|------------------|---------------|----------------------------------------|

|    | мм   | корпуса,<br>мм | теплопередачи,<br>м <sup>2</sup> | шт | Межтрубного<br>прохода | Одного<br>трубопровода |
|----|------|----------------|----------------------------------|----|------------------------|------------------------|
| 01 | 2000 | 50             | 0,37                             | 4  | 0,0016                 | 0,00062                |
| 02 | 4000 | 50             | 0,75                             | 4  | 0,0016                 | 0,00062                |
| 03 | 2000 | 69             | 0,65                             | 7  | 0,00233                | 0,00108                |
| 04 | 4000 | 69             | 1,31                             | 7  | 0,00233                | 0,00108                |
| 05 | 2000 | 82             | 1,11                             | 12 | 0,00287                | 0,00185                |
| 06 | 4000 | 82             | 2,24                             | 12 | 0,00287                | 0,00185                |
| 07 | 2000 | 106            | 1,76                             | 19 | 0,005                  | 0,00293                |
| 08 | 4000 | 106            | 3,54                             | 19 | 0,005                  | 0,00293                |
| 09 | 2000 | 158            | 3,4                              | 37 | 0,0122                 | 0,0057                 |
| 10 | 4000 | 158            | 6,9                              | 37 | 0,0122                 | 0,0057                 |

Водо-водяные нагреватели могут включаться в цепь подачи подпиточной воды или в цепь циркуляции технологической воды по схеме, изображенной на рис.31. При такой схеме включения через теплообменник пропускается 2 - 3% от общего расхода циркулирующей воды. Регулирование подачи теплоносителя осуществляется по температуре технологической воды. Если фактическое значение температуры ниже заданного, то теплоноситель поступает в рубашку теплообменника, если температура выше заданной, то поступление теплоносителя прекращается.

Особенностью работы подогревателя, включенного в цепь циркуляции технологической воды, является подбор скорости движения технологической воды в трубках, которая исключает застывание трубок биопленкой. Эта скорость должна быть не менее 1,5 м/сек.

Расчет теплообменника сводится к определению площади нагрева и потерь напора в зависимости от заданного расхода тепла. Исходными данными для расчета являются: расход тепла Q, ккал/час; начальная и конечная температуры, греющей и нагреваемой воды и данные, выбранного предварительно номера теплообменника. Результирующая формула расчета поверхности теплоотдачи

$$F = \frac{Q}{\mu \times k \times \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2, \quad /57/$$

здесь  $\mu = (0,75 - 0,85)$  - учитывается накипь;

k - коэффициент теплопередачи, рассчитанный по исходным данным, ккал/м<sup>2</sup>.час.°C;

$\Delta t_{cp}$  - расчетное значение, зависящее от исходных данных (начальное и конечное значения температур теплоносителя и нагреваемой воды).

Потери давления в секциях пропорциональны длине секции, количеству трубок n и в квадрате зависят от скорости воды в трубках  $v_{тр}$

$$\Delta h_{тр} = A \times v_{тр}^2 \times n, \text{ кг/см}^2, \quad /58/$$

здесь A = 0,75 для трубок длиной 4000 мм и 0,048 для - 2000 мм.

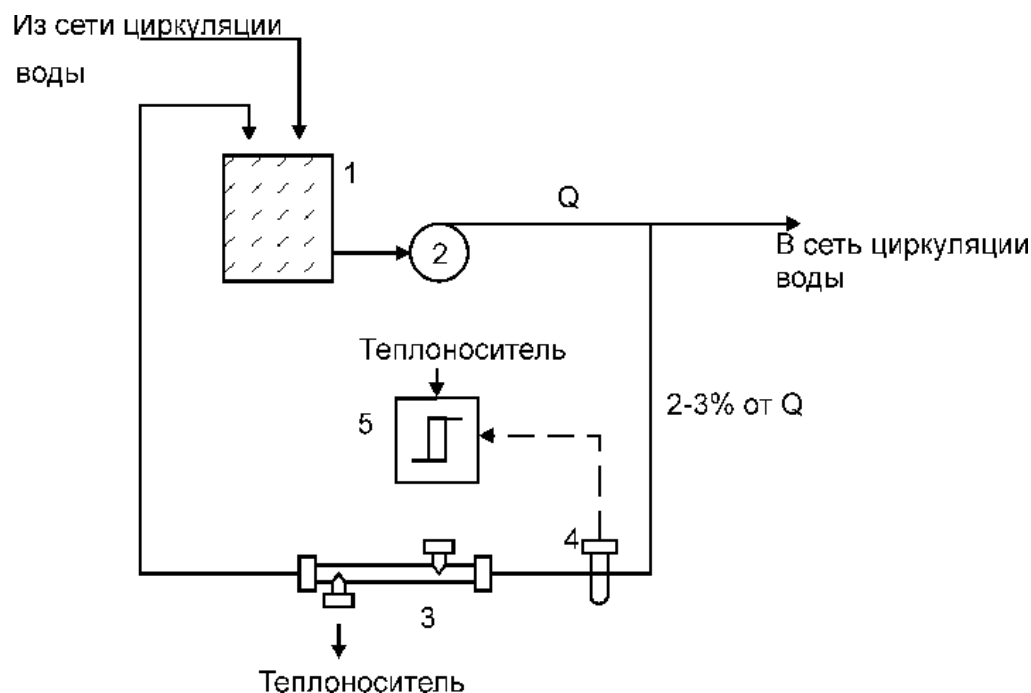


Рис.31. Схема включения теплообменника в цепь циркуляции технологической воды: 1 - накопительный бак; 2 - циркуляционный насос; 3 - теплообменник; 4 - датчик температуры; 5 - регулятор температуры.

**НАГРЕВ ПАРОМ.** Нагрев паром используется на рыбоводных установках, приближенных к источникам пара. Чаще всего это бывает на предприятиях металлургического комплекса. Подогрев осуществляется подачей острого пара непосредственно в воду в накопительном баке перед циркуляционным насосом. Подача пара в других точках системы циркуляции воды может вызвать нежелательные последствия - местный перегрев воды, отрицательно влияющий на рыбу и микрофлору биофильтра.

**НАГРЕВ ОТОПИТЕЛЬНЫМ ГАЗОМ И ДРУГИМИ ВИДАМИ УГЛЕРОДНОГО ТОПЛИВА.** Традиционное использование отопительного газа и других видов углеродного топлива (мазут, дрова, отходы деревообработки, солома сельскохозяйственных культур) производится с помощью водогрейных котлов. Для небольших предприятий и индивидуальных домов выпускаются малометражные водогрейные котлы, рассчитанные на давление до  $2 \text{ кг/см}^2$  и температуру до  $90^\circ\text{C}$ . Котлы работают на естественной тяге через дымовую трубу.

Чугунные водогрейные котлы КЧМ-2 в зависимости от количества секций (от 4 до 10 секций) имеют тепловую мощность от 17100 ккал/час до 45400 ккал/час.

Стальные водогрейные котлы КВ (ТС) имеют тепловую мощность от 10000 до 15100 ккал/час. Список марок выпускаемых промышленностью маломерных водогрейных котлов не ограничивается двумя, приведенными выше марками.

Для подогрева подпиточной воды рыбоводных установок могут быть использованы малогабаритные проточные газовые нагреватели марок ВПГ-18, ВПГ-25 и ВПГ-20, выпускаемые по ГОСТ 19910-74. Газовые водонагреватели имеют автоматическую блокировку горения основной горелки с пламенем запальника и протоком воды. При не горящем запальнике и отсутствии протока воды газ на основную горелку не поступает. Тепловая мощность аппарата зависит от его модификации: ВПГ-18 - 18 кВт или 15500 ккал/час, ВПГ-20 - 20 кВт или 17200 ккал/час, ВПГ-25 - 29 кВт или 25000 ккал/час. Простота обслуживания и надежность аппаратов обеспечили их широкое применение в быту.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.** В практике рыбоводства солнечная энергия аккумулируется двумя традиционными способами: путем устройства теплиц для размещения рыбоводной установки и путем предварительного подогрева подпиточной воды прямыми лучами солнца. Во втором случае емкость с холодной водой окрашивается в темный (черный) цвет и размещается под прямыми лучами солнца. Один из вариантов размещения емкости - в теплице. Этот способ нагрева страдает серьезным недостатком - емкость с холодной водой в теплом помещении отпотевает с образованием обильного конденсата. Отсутствие регулирования процесса нагрева также очевидный недостаток.

Схема нагрева воды солнечными лучами, изображенная на рис.32, лишена этих недостатков. Емкость для воды 1 покрывается теплоизоляцией 2, препятствующей образованию конденсата. На трубопроводе подачи холодной воды 3 устанавливается поплавковый регулятор уровня 4. Из нижней части емкости выведен трубопровод 5, соединенный с приемником солнечных лучей 6, который размещается в теплоизолированном ящике 7 со стеклянной крышкой 8. Вывод нагретой воды в емкость осуществляется по трубопроводу 9.

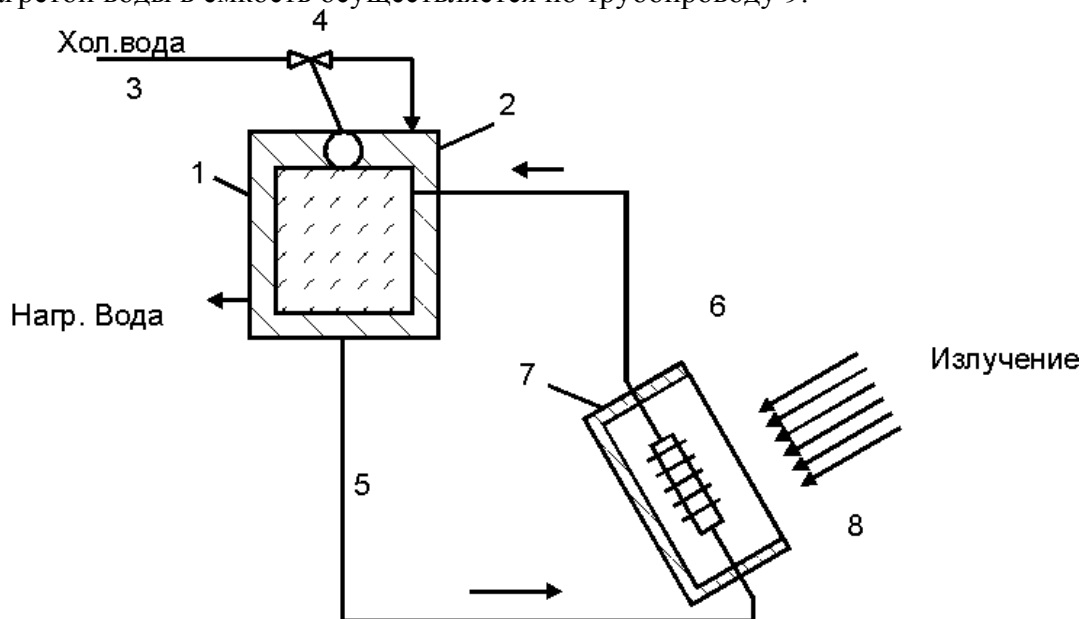


Рис.32. Схема нагрева воды солнечным излучением: 1 - емкость для воды; 2 - теплоизоляция; 3 - трубопровод холодной воды; 4 - поплавковый регулятор уровня; 5 - трубопровод подачи воды на нагрев; 6 - приемник солнечных лучей; 7 - теплоизолированный ящик; 8 - стеклянная крышка.

Схема работает следующим образом. Холодная вода, в силу большей плотности по сравнению с подогретой водой, опускается по трубе 5 в теплоприемник 6, нагревается и поднимается по трубопроводу 9. Наличие изолированного ящика со стеклянной крышкой обеспечивает парниковый эффект вокруг теплоприемника 6. Автоматическое поддержание уровня воды в емкости обеспечивает непрерывность циркуляции воды между емкостью и теплоприемником.

Эффективность отбора тепла зависит от скорости циркуляции воды, которая, в свою очередь, пропорциональна геометрической разности высот емкости и теплоприемника. Переориентация теплоприемника относительно положения солнца в течение дня повышает эффективность устройства.

В качестве приемника могут быть использованы типовые отопительные радиаторы из чугуна и стали.

Заслуживает внимания опыт использования теплиц для выращивания молоди карпа и растительноядных рыб в небольших личиночных прудах. В прудах, накрытых пленочной теплицей, вегетационный период увеличивается на 2 - 4 недели (Московская обл.). Температура воды и

другие условия выращивания личинок карпа позволяют в конце сезона получить сеголеток в 1,5 - 2 раза большей массы и увеличить их выживаемость на 11%. Дальнейшее развитие рыбы, выращенной в пруду, накрытом теплицей, отмечено высокими показателями.

В рыбоводстве наряду с каркасными теплицами используются теплицы в виде плавающих баллонов, покрывающих всю поверхность пруда. Баллоны изготавливаются из полиэтиленового пленочного рукава, в который закачивается воздух, а концы герметически завязываются. Длина рукава более 20 м нежелательна, так как создается сильная парусность. Выбирая длину рукава можно покрыть пруд любой конфигурации. Концы баллонов закрепляются на берегу, а поперек баллонов протягиваются шнуры, удерживающие их при сильном ветре.

## АЭРАТОРЫ

Поддержание концентрации кислорода в воде является одной из основных задач в рыбоводстве. Дефицит кислорода в воде ощущается в трех случаях. Первый - дефицит кислорода в воде, поступающей из артезианских скважин, часто осложненный наличием в воде двухвалентного железа в концентрациях, превышающих ПДК. Второй - дефицит кислорода в бассейнах, возникающий вследствие потребления кислорода культивируемыми рыбами и микроорганизмами. Третий - дефицит кислорода в открытых водоемах, возникающий в ночное время вследствие потребления кислорода водными растениями, а также в зимнее время, когда, ледяной покров препятствует диффузии кислорода из воздуха в воду.

Один из способов насыщения воды кислородом - аэрация воды. Этот процесс осуществляется при атмосферном давлении, поэтому предел насыщения определяется равновесным насыщением (см. раздел "Качество воды"). Скорость перехода кислорода из воздуха в воду описывается как скорость изменения концентрации кислорода в воде  $dC/dt$ . Скорость перехода функционально зависит от площади контакта между водой и воздухом  $A$ , объемом воды и разницей между равновесной концентрацией кислорода в воде и ее практическим значением ( $C_p - C$ )

$$\frac{dC}{dt} = K_L \times \left( \frac{A}{V} \right) \times (C_p - C). \quad /59/$$

Здесь  $K_L$  - коэффициент переноса, зависящий от скорости диффузии кислорода через жидкостную пленку. С ростом температуры диффузия протекает активней, поэтому значение  $K_L$  возрастает на 1,56% на каждый градус повышения температуры.

Скорость насыщения воды кислородом возрастает с увеличением площади контакта между водой и воздухом. А при спокойной поверхности воды насыщаются только верхние слои воды. Нижние слои воды могут получить кислород только в результате диффузии. Процесс диффузии кислорода в воде настолько незначителен, что без постоянного перемешивания эффект насыщения нижних слоев незначителен. Совмещение двух процессов - увеличение площади контакта и перемешивание воды дают требуемый эффект. Способы выполнения этих процессов описываются ниже.

В соответствии с уравнением 59 скорость насыщения объема воды обратно пропорциональна объему. Чем больше объем воды (глубина воды), тем больше времени требуется для насыщения нижних слоев. И, наоборот, чем тоньше слой воды контактирует с воздухом, тем быстрее насыщается кислородом весь объем воды.

Как отмечалось, предел насыщения воды кислородом за счет аэрации не превышает значения равновесной концентрации. На практике редко добиваются 100% насыщения воды, так как эффективность работы аэраторов резко падает при 90 - 95% насыщения.

На результаты аэрации влияют колебания атмосферного давления. Уровень равновесного насыщения поднимается с ростом давления воздуха над поверхностью воды. Это происходит в соответствии с законом Генри

$$C_p = k \times P,$$

/60/

где  $P$  - давление газа над жидкостью;

$k$  - коэффициент пропорциональности, выражающий зависимость растворимости газа в жидкости.

При подъеме давления воздуха над поверхностью воды увеличится не только равновесная концентрация кислорода, но также и атмосферного азота. Так как азот является нейтральным газом, он не потребляется водными организмами и при понижении давления выделяется из воды мелкими пузырьками. Это явление оказывает на рыбу губительное воздействие уже при насыщении воды азотом на 10 - 15% (азотная эмболия). В результате колебания атмосферного давления азотная эмболия не наблюдается. Применение технических средств, обеспечивающих насыщение воды кислородом из сжатого воздуха, ограничено по описанным выше причинам.

Вопрос аэрации в рыбоводстве всегда был актуальным, это и определило то многообразие аэраторов, которые разработаны с использованием различных способов решения одной задачи: создание развитой поверхности контакта между водой и воздухом при одновременном перемешивании воды. Классификация аэраторов приведена на рис.33.

**КИНЕТИЧЕСКИЕ АЭРАТОРЫ** находят применение там, где имеется возможность создать перепад высот в течении воды. При подаче воды из артезианских скважин перепад высот создается за счет насоса, который, как правило, подает воду в градиню, где она распределяется любым из известных способов на мелкие струи и, стекая вниз, насыщается кислородом воздуха. Эффект насыщения в градине может быть повышен за счет устройства вертикальных плоскостей из инертного материала. В этом случае вода стекает по плоскостям тонкой пленкой, в которой наблюдается турбулентное движение частиц, усиливающее обменные процессы.

Устройство в градине нескольких горизонтальных перфорированных полок на пути падающих струй воды также усиливает эффект насыщения за счет перемешивания воды и удлинения времени контакта воды и воздуха.

Движение воды с перепадом высот может быть организовано по наклонной плоскости, например, по желобу со ступенчатым дном, усиливающим турбулентность движения воды. Вариантом ступенчатого аэратора можно считать желоб с отверстиями в дне. В этом случае часть воды проливается из отверстий вертикально.

Устройство на пути движущейся струи воды лопастного колеса или круглой щетки, приводимых в движение струей воды, позволяет усилить эффект насыщения за счет разбрызгивания части воды.

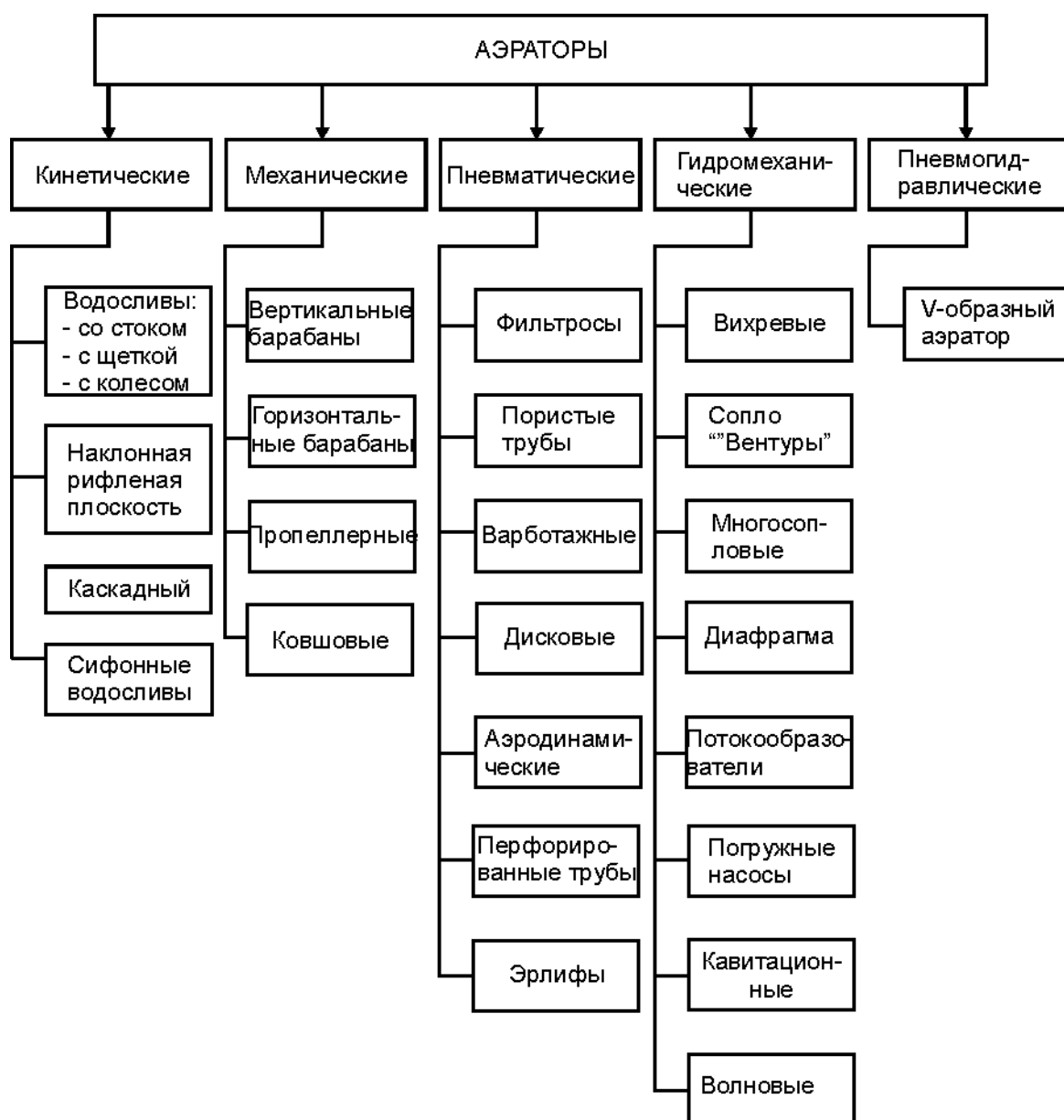


Рис.33. Классификация аэраторов.

Кинетические аэраторы находят применение и в замкнутых по воде рыбоводных установках. Например, капельный биологический фильтр с плоской и объемной загрузкой работает по принципу градири, выполняя одновременно две задачи: очистку воды и насыщение ее кислородом воздуха. В замкнутых рыбоводных установках с небольшой плотностью посадки рыбы (2 - 10 кг/м<sup>3</sup>) используются кинетические аэраторы. Перепад высот создается за счет циркуляционного насоса установки.

Кинетические аэраторы проектируются применительно к задачам конкретной рыбоводной установки, серийно их не изготавливают.

**МЕХАНИЧЕСКИЕ АЭРАТОРЫ** используются для аэрирования воды в прудах и бассейнах с низкой плотностью содержания рыбы. Площадь контакта вода/воздух увеличивается за счет разбрызгивания воды над поверхностью и перемешивания воды. Рабочим органом механического аэратора служит колесо с лопастями или вращающиеся щетки, которые приводятся в движение каким-либо двигателем, чаще электродвигателем. Механические аэраторы выпуска-

ются промышленностью, например, механический аэратор с горизонтальным барабаном «Ерш», пропеллерный аэратор "Винт".

Оба аэратора предназначены для водоемов площадью до 100 га, глубиной не менее 1 м. Аэраторы устанавливаются на понтонах и оснащаются электродвигателями. Аэратор "Ерш" оснащен двигателем мощностью 11 квт, имеет массу 1100 кг. Производительность этого агрегата по кислороду составляет 12 кг  $O_2$ /час при условии нулевой исходной концентрации кислорода в воде. Удельная производительность агрегата 1,15 кг $O_2$ /квт.ч

Пропеллерный аэратор "Винт" имеет абсолютную производительность по кислороду 7,2 кг/час, удельную - 1,2 кг $O_2$ /квт.ч, массу 330 кг.

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ АЭРАТОРЫ.** Широко используются в рыбоводстве, особенно для аэрации воды в небольших рыбоводных установках и аквариумах, Принцип действия пневматического аэратора заключается в распылении пузырьков воздуха в толще воды, за счет чего создается развитая поверхность контакта вода/воздух и осуществляется перемешивание воды. Главная проблема пневматических аэраторов - создание мелких пузырьков воздуха в воде. Использование фильтросных пластин и труб дает желаемый результат на весьма непродолжительное время. Помещенные в технологическую воду рыбоводных установок мелкопористые фильтросные камни, как и все, что находится в этой воде, обрастают биологической пленкой, которая в конечном итоге наглухо закрывает выход сжатого воздуха. Это обстоятельство ограничивает применение фильтросов в индустриальном рыбоводстве.

Образование мелких пузырьков с помощью перфорированных труб применяется повсеместно. Отверстия в трубах выполняются диаметром 1 - 5 мм, что позволяет избежать зарастания отверстий, так как сжатый воздух срывает биопленку на краях. Перфорированные трубы укладываются в бассейны в качестве как штатных, так и аварийных аэраторов. Аварийные аэраторы включаются только тогда, когда не справляется или выходит из строя основной источник поставки кислорода. При создании эрлифтов, совмещающих функции насоса и аэратора, используются только перфорированные трубы. Перфорированные трубы используются также для барботирования воздухом сыпучих плавающих грузов биологических и механических фильтров и как элемент установок дегазации воды.

Для аэрации прудов площадью до 5 га и глубиной до 4 м разработан пневматический аэратор "Лотос", в состав которого входит передвижной малогабаритный компрессор типа СО-7А, приводимый в действие электродвигателем или двигателем внутреннего сгорания мощностью 4 квт. Производительность компрессора до 500 л воздуха в мин. Компрессор снабжается маслоуловителем, магистральным трубопроводом сжатого воздуха и набором аэрационных блоков (6 шт. на компрессор) (рис.34). Аэрационный блок состоит из гибкого шланга для подачи воздуха 1, трубы диаметром 90 мм и длиной 1,5-2 м 2, в верхней части трубы закреплен пенопластовый поплавок 3, в нижнем конце трубы закреплен распылитель воздуха 4, на выходе из трубы сверху устанавливается лопаточный завихритель потока 5.

Эффект насыщения воды кислородом достигается следующим образом. Образующаяся в трубе водовоздушная смесь движется вертикально вверх. Лопаточный завихритель потока придает смеси вращательное движение, благодаря которому поток разбрызгивается на капли. Эффект использования сжатого воздуха усиливается за счет контактирования капель воды с атмосферным воздухом.

Производительность одного эрлифта по воде достигает 500 л/мин или 30 м<sup>3</sup>/час. Площадь наиболее эффективной работы комплекта из 6 эрлифтов - 1,5 га пруда. Устройство типа "Лотос" надежно защищает пруд от летних ночных заморов. Возможно использование устройства в зимнее время путем установки в проруби достаточного размера.

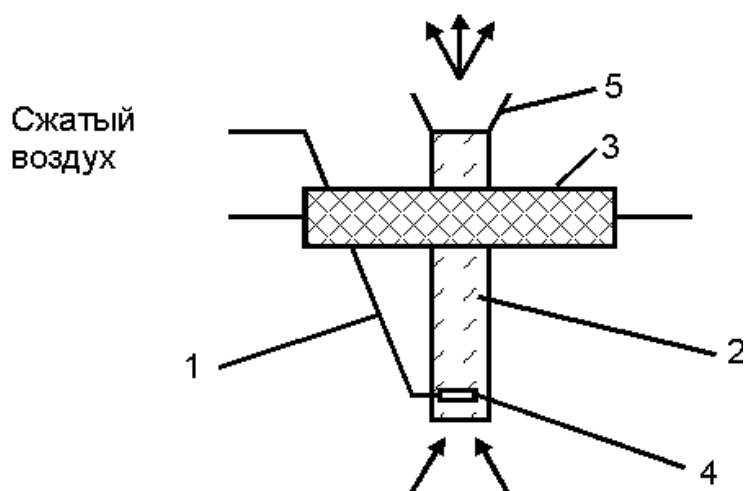


Рис.34. Устройство эрлифта «Лотос»: 1 - шланг для воздуха; 2 - труба; 3 - поплавок; 4 - распылитель воздуха; 5 - лопаточный завихритель потока.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ АЭРАТОРЫ работают с образованием потока жидкости, в который засасывается или подается под давлением атмосферный воздух. Наиболее характерной деталью гидромеханических аэраторов является эжектор (рис.35). Эжектор состоит из патрубка подачи воды под давлением 1, сопла 2, патрубка для подачи воздуха 3, камеры смешения 4.

Поток воды, сжимаемый соплом, расширяется в камере смешения с образованием зоны пониженного давления. Благодаря пониженному давлению в камеру смешения подсасывается воздух (или подается под давлением), который смешивается с водой. В зоне смешивания создается сильная турбулентность, благодаря которой происходит мгновенное поглощение кислорода.

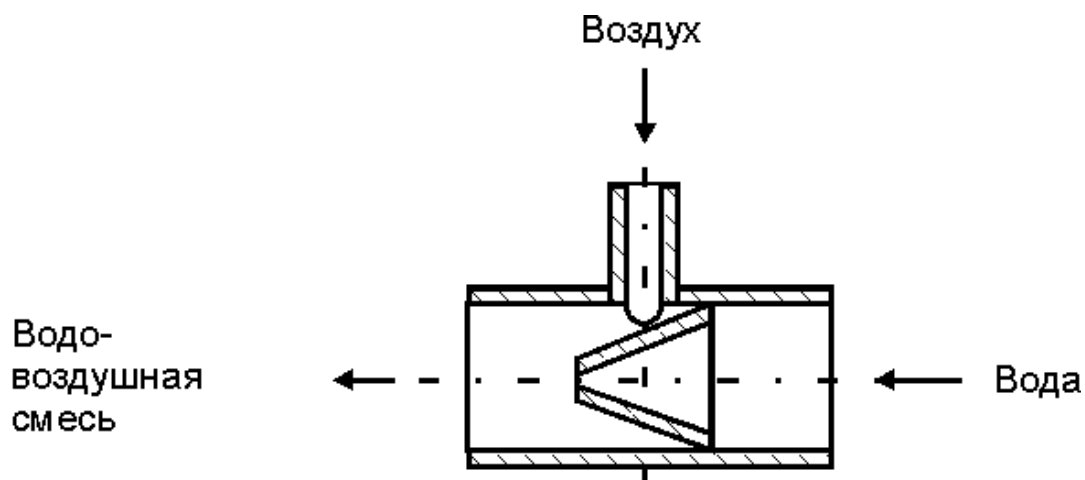


Рис.35. Эжектор: 1 - патрубок для воды; 2 - сопло; 3 - патрубок для воздуха; 4 - камера смешения.

Серийный аэратор "Стрела-4" создан с использованием принципа эжекции. В этом аэраторе насосом 2К6 создается напор от 25 до 34,5 м при расходе воды 10 - 30 м<sup>3</sup>/час. Мощность электродвигателя 4 кВт. Все оборудование крепится на понтоне и имеет массу 360 кг.

Более мощная установка, обслуживающая значительные водные объекты - "Стрела-66", имеет мощность двигателя 66 кВт, устанавливается на катамаран и имеет производительность по воде 108 - 504 м<sup>3</sup>/час, по воздуху 100 - 500 м<sup>3</sup>/час. Масса установки 4100 кг.

Для аэрации небольших прудов и бассейнов с низкой плотностью содержания рыбы применяется кавитационный гидромеханический аэратор С-16 (рис.36). Рабочим органом аэратора служит ротор 1, на котором по периферии выполнены зубья в форме прямоугольного треугольника с соотношением катетов 1:2. Длинная кромка зуба выполнена с прогибом по толщине. Воздух подводится к ротору по кожуху 2. Ротор насажен на вал 3, приводимый во вращательное движение электродвигателем 4.

При вращении периферии ротора со скоростью 12 - 20 м/сек в основании каждого зуба ротора создается вакуум, в результате чего в воду подсасывается воздух. В связи с высокой скоростью вращения ротора на концах его зубьев происходит кавитация, то есть образование в воде пульсирующих пузырьков, которые обогащают воду кислородом. Производительность аэратора С-16 по кислороду, при нулевом его содержании в исходной воде и температуре +0,2 °С, составляет 1,9 кг/час. Установленная мощность двигателя 4 кВт. Масса аэратора 100 кг. Глубина погружения ротора не более 1 м, аэратор С-16 предназначен для крепления на бортах бассейнов и лотков. При использовании аэратора С-16 в прудах, его устанавливают на понтонах (аэрационная установка ИФВ).

ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ U-ОБРАЗНЫЙ АЭРАТОР представляет собой устройство, повышающее эффективность аэрации с помощью сжатого воздуха. Схема работы U-образного аэратора представлена на рис.37. Аэратор представляет собой U-образную трубу, через которую протекает вода. На входном конце трубы размещается диффузор, через который распыляется сжатый воздух. Расход воды по трубе регулируется таким образом, чтобы она была выше скорости подъема пузырьков в стоячей воде. Вода увлекает пузырьки воздуха, удлиняя их путь в воде и, соответственно, эффективность использования сжатого воздуха.

Опасность использования аэратора такого типа заключается в том, что с увеличением глубины трубы увеличивается пересыщение воды азотом воздуха, так как давление в нижней части трубы значительно отличается от атмосферного. В отечественной практике использование U-образных аэраторов неизвестно.

Оксигенаторы - приборы для пересыщения воды техническим кислородом. Если попытки получить пересыщение воды кислородом при использовании сжатого воздуха ведут к опасному пересыщению воды азотом, то использование чистого кислорода позволяет выполнить эту задачу без ущерба для рыбы. Чтобы представить процессы, происходящие в оксигенаторе, необходимо вспомнить закон Генри-Дальтона: "каждый газ растворяется в жидкости пропорционально его парциальному давлению в смеси газов"

$$C = K \times P \times p, \quad /61/$$

где C - концентрация газа в жидкости;

K - коэффициент пропорциональности, выражающий способность газа растворяться в жидкости;

P - давление газа над жидкостью;

p - парциальное давление данного газа в смеси.

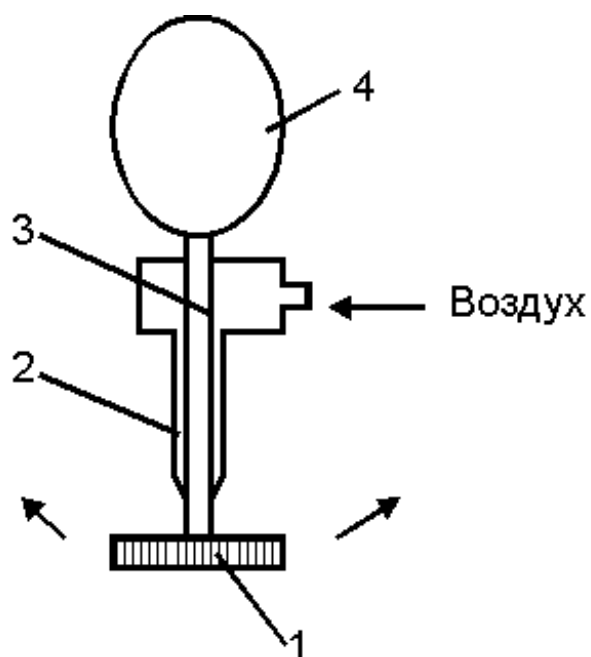


Рис.36. Устройство аэратора «С-16»: 1 - ротор с зубцами; 2 - кожух; 3 - вал; 4 - электродвигатель.

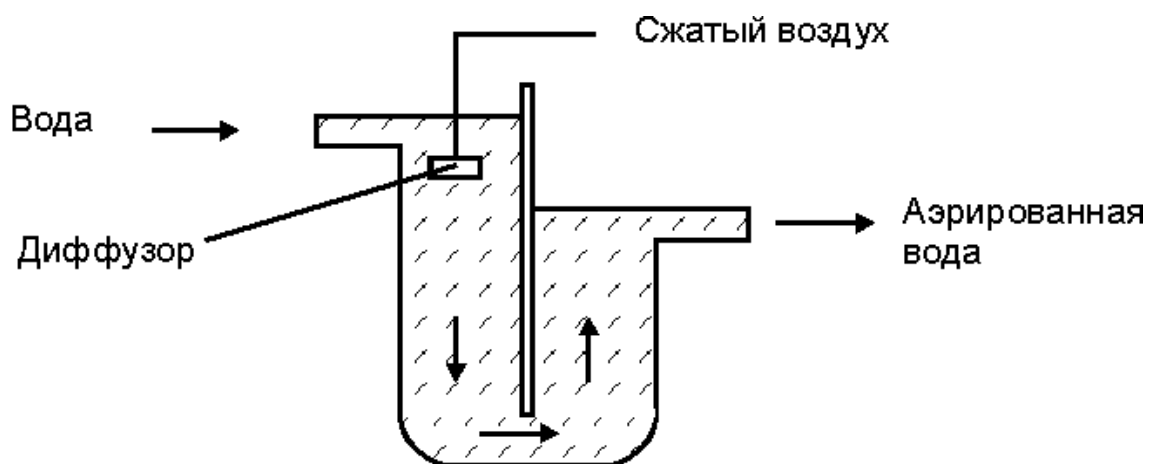


Рис.37. Схема U-образного аэратора.

## ОКСИГЕНАТОРЫ

Известно, что воздух является смесью газов, в которой содержится 21% кислорода. Если применить вместо воздуха технический кислород, в котором содержится около 95% кислорода, то в соответствии с уравнением 61 при давлении, равном атмосферному, равновесное насыщение воды вырастет в 4,5 раза за счет увеличения парциального давления кислорода. С увеличением давления смеси газов  $P$  произойдет дальнейший рост равновесного насыщения воды кислородом. При содержании азота в смеси газов на уровне 5% его равновесное насыщение при

атмосферном давлении снизится в 15,5 раз, что гарантирует его безопасную концентрацию в воде.

В основу работы оксигенатора положен принцип насыщения воды техническим кислородом при атмосферном или повышенном давлении. Получение концентраций кислорода в воде, равных 500% и более от равновесного насыщения, не представляет технических трудностей. Верхний предел насыщения кислородом ограничивается только соображениями целесообразности.

Перенасыщение воды кислородом решает ряд практических задач рыбоводства. Благодаря применению кислорода достигнуты значительные успехи в деле транспортировки на дальние расстояния живой икры, молоди и товарной рыбы, а также других водных объектов. В замкнутых системах благодаря оксигенации достигаются значительные плотности посадки рыбы 100 - 120 кг/м<sup>3</sup>, экономится энергия на циркуляцию воды, снижается расход свежей воды.

Весьма перспективно использование оксигенаторов при выращивании рыбы в садках, размещенных в сбросных каналах электростанций. При повышении летних температур в канале до 30 - 35 °С содержание кислорода в воде в ночные часы падает до 2 - 3 мг/л, что вызывает массовую гибель рыбы. Избежать этого возможно путем оксигенации воды с использованием технического кислорода.

В настоящее время разработано несколько конструкций оксигенаторов, изучены возможности их использования в практике рыбоводства, накоплен опыт, позволяющий совершенствовать эти аппараты. Из всего многообразия конструкций требованиям индустриального рыбоводства наиболее полно отвечают оксигенаторы типа оросительных колонн (рис.38). Эти оксигенаторы представляют собой вертикальные герметичные емкости. В верхнюю часть емкости, занятую газообразным кислородом, непрерывно подается вода, предназначенная для насыщения кислородом. Уровень равновесного насыщения воды кислородом в баллоне оксигенатора определяется суммой факторов: парциальным давлением кислорода в газовой подушке оксигенатора, давлением внутри сосуда, температурой и соленостью воды. Фактическое насыщение воды кислородом на выходе из оксигенатора практически всегда ниже равновесного насыщения, так как для достижения равновесного насыщения требуется более длительное время пребывания воды в оксигенаторе, что нецелесообразно.

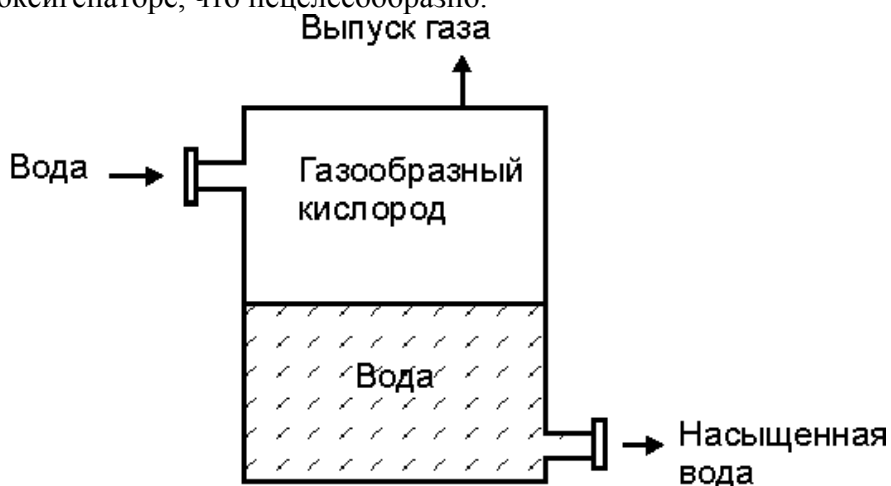


Рис.38. Схема оксигенатора в виде оросительной колонны.

Количественное содержание кислорода в газовой подушке оксигенатора изменяется в процессе функционирования. Если содержание кислорода в подаваемом в оксигенатор газе составляет 90 - 95%, то с течением времени содержание других газов в газовой подушке оксигенатора увеличивается, снижая тем самым парциальное давление кислорода. Другие газы, главным образом азот, выделяются из проточной воды. Их выделение обусловлено все тем же законом Генри-Дальтона. Вода, насыщенная азотом и другими газами пропорционально их давлениям в атмосфере, попадает в емкость оксигенатора, где парциальное давление азота и других газов,

кроме кислорода, незначительно. Разница парциальных давлений газа в воде и в газовой подушке создает условие для дегазации воды. Таким образом, происходит увеличение парциального давления азота в газовой подушке оксигенатора. Периодический выпуск части газовой подушки с заменой ее техническим кислородом называется вентиляцией. Вентиляция способствует поддержанию более высокого уровня концентрации кислорода в воде на выходе из оксигенатора.

Конструкция оксигенатора в первую очередь предусматривает решение проблемы создания в емкости достаточной поверхности контакта между водой и газом и достаточного времени контактирования, чтобы при минимальных энергетических затратах получить требуемый уровень концентрации кислорода в воде.

Проблема создания достаточного контакта между газом и водой решается тремя способами,

1 Путем использования разветвленной контактной поверхности, создаваемой инертным материалом, загружаемым в емкость;

2 Путем разделения потока воды на струи с помощью решеток с отверстиями.

3 Создание поверхности контакта за счет пузырей кислорода, распыляемого в воде.

Первый способ приемлем при чистой воде, исключающей выпадение осадка на контактной поверхности. Накопление осадка или грязи требует мероприятий по их удалению, что не всегда приемлемо в практике рыбоводства.

При использовании второго способа создания контактной поверхности - газ/вода, накопление грязи и механических примесей не создает проблемы при эксплуатации, но в меньшей степени, чем в оксигенаторах с загрузкой инертным материалом. В оксигенаторах, построенных как струйные, процесс насыщения идет как за счет разделения потока на струи, так и за счет появления пузырей кислорода при падении струй на поверхность воды.

Типовая схема системы водоснабжения рыбоводных бассейнов, с использованием оксигенатора конструкции И.В.Проскурено, приведена на рис.39. Подача воды в оксигенатор осуществляется под избыточным давлением, создаваемым либо насосом, как на рис.39, либо с помощью напорной емкости. Избыточное давление в емкости оксигенатора необходимо для повышения до необходимого уровня концентрации кислорода на выходе из оксигенатора. Сама конструкция оксигенатора не создает значительного гидравлического сопротивления, поэтому на выходе из него устанавливается вентиль подпора ВП.

Снижение концентрации кислорода в воде на выходе из оксигенатора достигается с помощью отпирания вентиля обвода ВО, либо путем снижения давления в емкости оксигенатора при отпирании вентиля подпора ВП.

Стабильность поддержания концентрации кислорода на выходе зависит от стабильности высоты газовой подушки в баллоне оксигенатора. В процессе работы оксигенатора высота газовой прослойки непрерывно уменьшается за счет потребления кислорода водой. Стабильность границы раздела газ/вода поддерживается автоматическим регулятором уровня РУ, который периодически открывает соленоидный вентиль СВ, установленный на трубопроводе подачи газообразного кислорода.

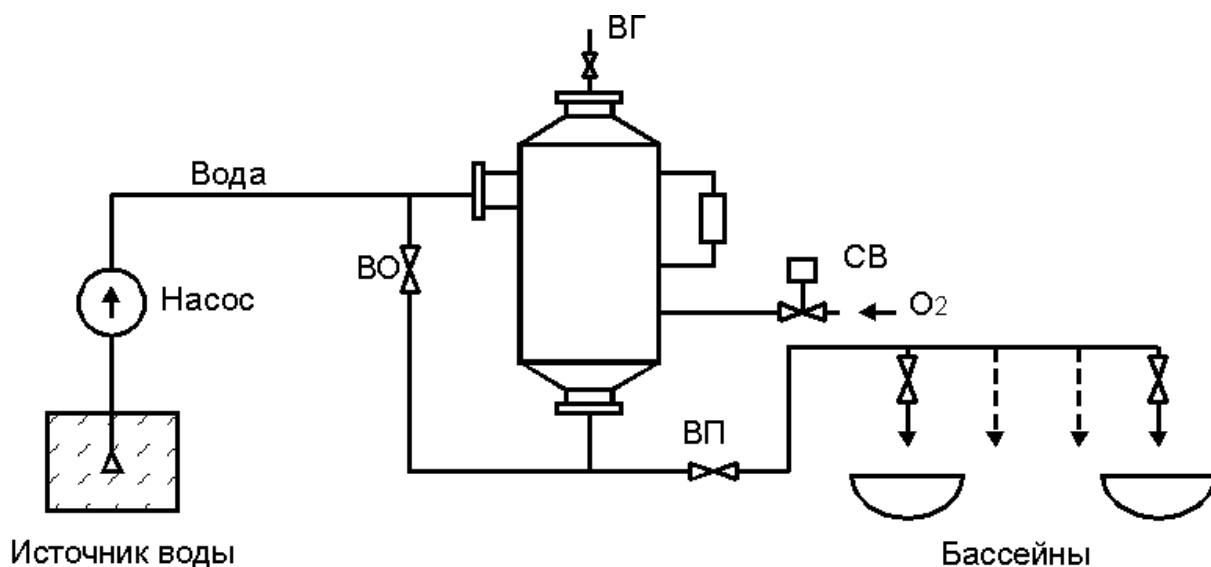


Рис.39. Типовая схема включения оксигенатора: РУ - регулятор уровня; СВ - соленоидный вентиль; ВГ - вентиль выпуска газа; ВО - вентиль обвода; ВП - вентиль подпора.

При открытом вентиле СВ порция кислорода поступает в емкость оксигенатора, снижая уровень воды до уровня срабатывания регулятора, по сигналу которого закрывается соленоидный вентиль. Давление газообразного кислорода должно превышать давление, создаваемое в емкости оксигенатора насосом, подающим воду. При использовании насосов с напором 20 м давление кислорода должно быть в пределах 0,3 - 0,4 МПа.

В верхней части баллона оксигенатора устанавливается вентиль ВГ, используемый при запуске оксигенатора и для его продувки в процессе работы.

При стабильных условиях работы достаточно однократно запустить оксигенатор в действие и контролировать периодически концентрацию кислорода в бассейне. Работа оксигенатора автоматизирована. Нестабильность работы может быть вызвана внешними причинами: отсутствием или изменением протока воды, падением давления кислорода, захватом воздуха насосом. Воздух, захваченный насосом, накапливаясь в оксигенаторе, снижает парциальное давление кислорода, что способствует снижению концентрации кислорода на выходе.

Подача в бассейны воды, пересыщенной кислородом, выполняется под поверхность воды. Это позволяет избежать нерациональных потерь кислорода из-за его диффузии в воздух. Вода в бассейне быстро перемешивается, нивелируя зоны с повышенной концентрацией кислорода.

Использование оксигенаторов в рыбоводных хозяйствах связано с наличием источников технического кислорода, которые условно можно разделить на четыре категории:

- 1 Внутрихозяйственные системы централизованного снабжения кислородом;
- 2 Снабжение кислородом путем доставки его в баллонах и реципиентах;
- 3 Снабжение жидким кислородом с последующей его газификацией в газификаторах на месте использования;
- 4 Получение газообразного кислорода на месте использования с помощью установок, работающих по принципу молекулярного сита.

Все четыре варианта получения технического кислорода нашли свое применение на практике. Выбор варианта зависит от технических условий проектирования рыбоводного хозяйства и, если существует выбор, от технико-экономической целесообразности. С точки зрения простоты обслуживания, надежности и безопасности на первом месте стоят установки с молекулярным разделением воздуха на кислород и азот.

Опыт практической работы с оксигенаторами на установках с замкнутым циклом водообеспечения позволил классифицировать причины отказов оксигенаторов и разработать конструкцию, максимально отвечающую требованиям рыбоводного процесса. В этой конструкции све-

дена к минимуму возможность сбой работы оксигенатора за счет накопления мусора и грязи. При конструировании учтена также степень безопасности прибора. Объем и давление в емкости оксигенаторов разных типоразмеров подобраны таким образом, чтобы сосуд не подлежал регистрации в органах котлонадзора, а только регистрации предприятием, осуществляющим его эксплуатацию.

Разработана серия оксигенаторов, перекрывающая потребности по расходу воды от 15 до 1000 м<sup>3</sup>/час. Аппараты поставляются как готовые изделия, оснащенные приборами автоматического управления и устанавливаемые на собственные опоры без подготовки фундамента (табл.40).

Таблица 40

Паспортные данные оксигенаторов

| Типоразмер | Производительность по воде, м <sup>3</sup> /час | Производительность по кислороду при насыщ. до 50 мг/л, кг/час | Пропускное сечение подвод. и отвод. трубопроводов, мм | Габариты, мм |        |        | Масса, кг |
|------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|--------|--------|-----------|
|            |                                                 |                                                               |                                                       | Длина        | Ширина | Высота |           |
| 01         | 15                                              | 0,75                                                          | 100                                                   | 865          | 568    | 2140   | 210       |
| 02         | 25                                              | 1,25                                                          | 100                                                   | 865          | 568    | 2140   | 210       |
| 03         | 40                                              | 2,0                                                           | 100                                                   | 865          | 568    | 2140   | 210       |
| 04         | 60                                              | 3,0                                                           | 150                                                   | 1460         | 1250   | 2190   | 838       |
| 05         | 80                                              | 4,0                                                           | 150                                                   | 1460         | 1250   | 2190   | 838       |
| 06         | 120                                             | 6,0                                                           | 150                                                   | 1460         | 1250   | 2190   | 838       |
| 07         | 160                                             | 8,0                                                           | 150                                                   | 1460         | 1250   | 2190   | 838       |
| 08         | 200                                             | 10,0                                                          | 200                                                   | 1460         | 1250   | 2190   | 900       |
| 09         | 250                                             | 12,5                                                          | 200                                                   | 1460         | 1250   | 2190   | 900       |
| 10         | от 400 до 1000                                  | 45,0                                                          | 400                                                   | 2700         | 2300   | 3400   | 1640      |

Устройство оксигенаторов производительностью от 15 до 250 м<sup>3</sup>/час приведено на рис.40, оксигенаторов производительностью от 400 до 1000 м<sup>3</sup>/час - на рис.41.

ВЫБОР ОКСИГЕНАТОРА производится по трем параметрам: требуемая производительность оксигенатора по кислороду, кг О<sub>2</sub>/час, температура воды, °С и напор воды, создаваемый на входе в оксигенатор, кг/см<sup>2</sup>. Концентрация кислорода в пресной воде на выходе оксигенатора данной конструкции в функции давления в корпусе оксигенатора и температуры воды приведена в виде графиков на рис.42.

Решение задачи рассматривается на примере: в бассейне содержится рыба при температуре воды 25 °С, потребности которой в кислороде составляют G = 6 кг О<sub>2</sub>/час; напор воды в подвод. трубопроводе равен 10 м или 1 кг/см<sup>2</sup>.

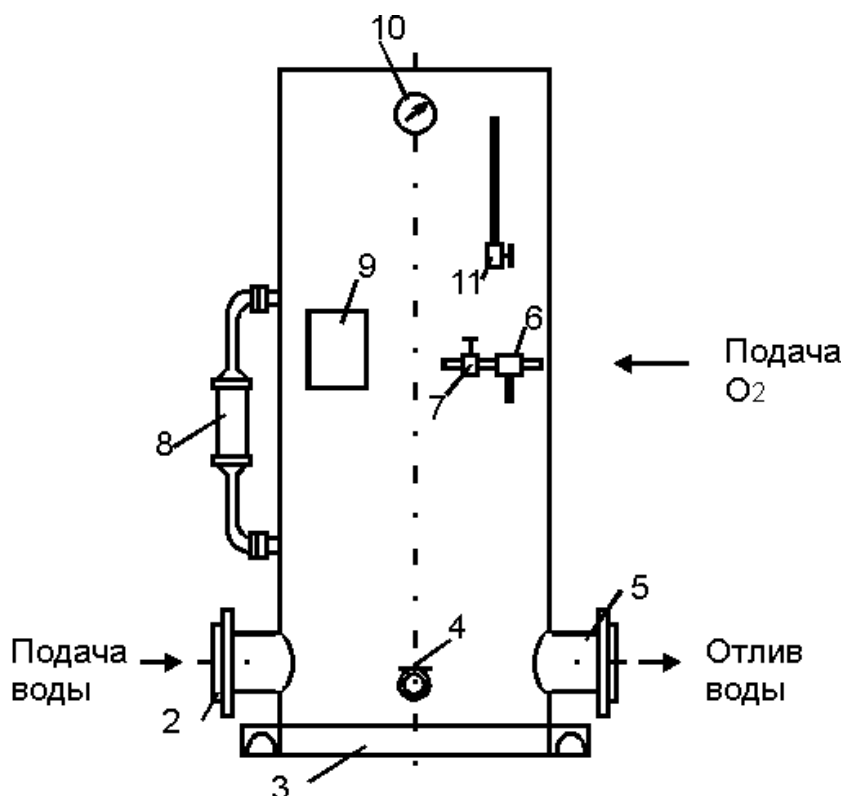


Рис.40. Устройство оксигенатора производительностью 250 м<sup>3</sup>/час: 1 - корпус; 2 - патрубок для подвода воды; 3 - основание; 4 - вентиль выпуска грязи; 5 - патрубок для отвода насыщенной воды; 6 - соленоидный клапан; 7 - вентиль на вводе кислорода; 8 - датчик регулятора уровня; 9 - блок управления регулятора уровня; 10 - манометр; 11 - вентиль выпуска газа.

Какой типоразмер оксигенатора нужно поставить на входе в бассейн?

Решение: принимаем напор в оксигенаторе равным 90% от напора в трубопроводе или 0,9 кг/см<sup>2</sup>. С помощью номограммы на рис.42 по давлению в оксигенаторе 0,9 кг/см<sup>2</sup> и температуре воды 25 °С находим значение концентрации кислорода на выходе из оксигенатора  $C = 0,045$  кг O<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>.

Потребность в расходе воды

$$Q = G / C = 6,0 / 0,045 = 133 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Выбираем ближайший типоразмер - 06.

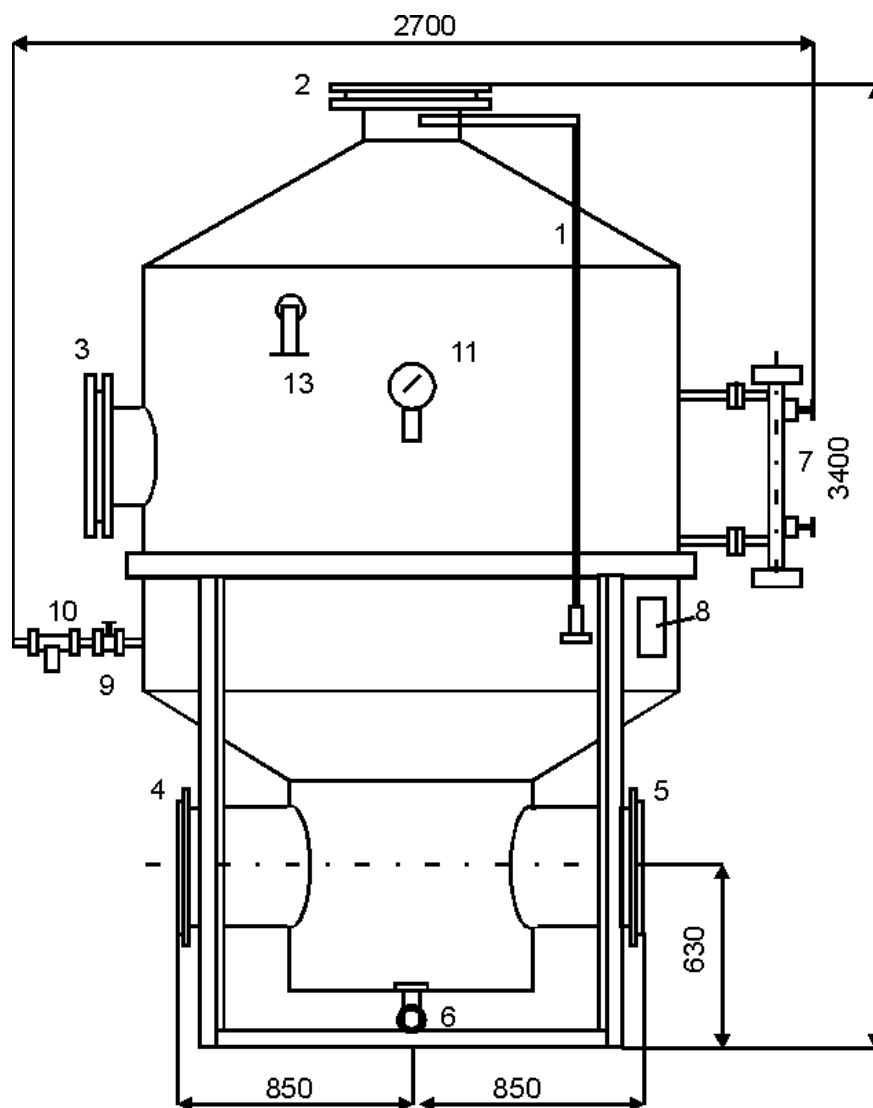


Рис.41. Устройство оксигенатора производительностью от 400 до 1000 м<sup>3</sup>/час: 1 - корпус; 2 - горловина; 3 - лаз; 4 - входной патрубок для воды; 5 - выходной патрубок для воды; 6 - выпуск шлков; 7 - колонка уровнемера; 8 - блок управления регуляторов уровня; 9 - вентиль на вводе кислорода; 10 - соленоидный клапан; 11- манометр; 12- выпуск газа; 13 - предохранительный клапан.

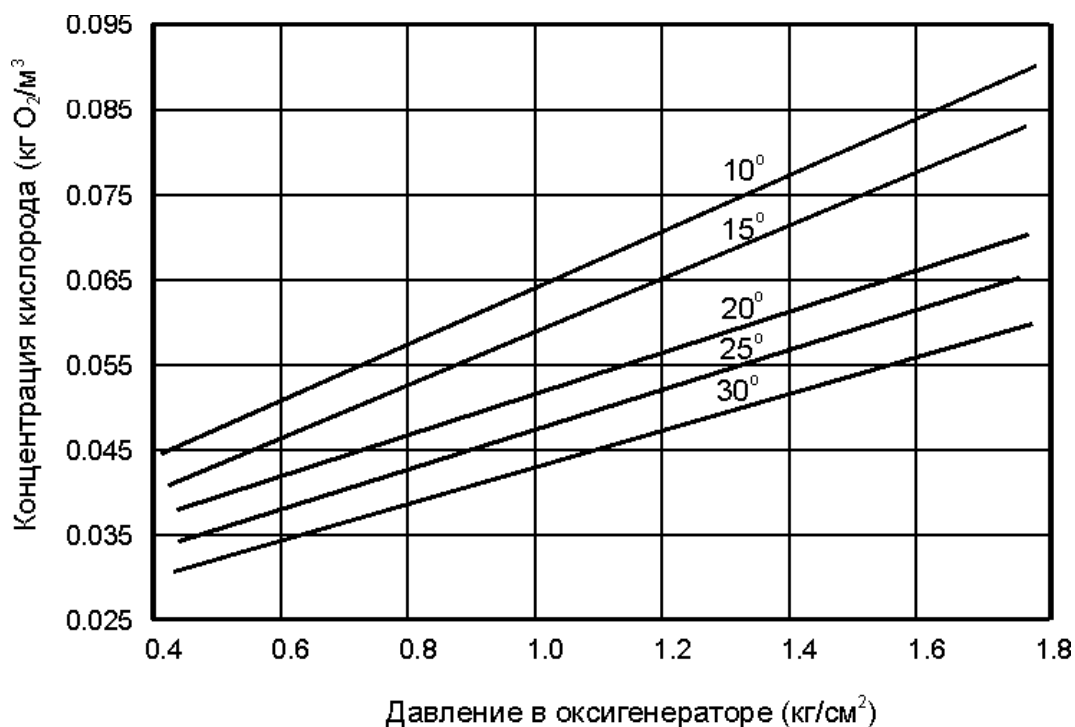


Рис.42. Номограмма: концентрация кислорода в воде на входе оксигенатора при нулевой входной концентрации в функции давления и температуры.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

Под биологической фильтрацией понимается бактериальное превращение органических азотистых соединений в малотоксичные формы (см. раздел "Азотное загрязнение воды"). Полный цикл биологической фильтрации включает в себя три основных процесса: аммонификация, нитрификация и денитрификация. Первые два процесса протекают при интенсивном потреблении кислорода из аэробной (насыщенной кислородом) среды. Процесс денитрификации идет интенсивнее в среде, обедненной кислородом. Биологическая фильтрация в прудах и аквариумах при относительно низкой плотности содержания рыбы происходит непосредственно в объеме воды.

Нитрифицирующие и денитрифицирующие бактерии, находясь в толще воды, на стенках, в донном грунте совершают свою работу, не создавая значительной плотности колоний, так как численность клеток колонии прямо зависит от количества питания для них. Если рыбоводное хозяйство построено на принципе прямотока, а весь объем стока попадает в открытый водоем, то его воды принимают на себя всю биологическую нагрузку этого хозяйства.

В хозяйстве "Сходня" (Московская обл.) применение биологических прудов, работа которых основана на естественных биохимических процессах, потребовала соотношения объема пруда к объему рыбоводных бассейнов равным 100:1, при ежесуточной подпитке системы в размере 20% от объема воды в системе.

Процессы биологической фильтрации протекают в открытых водоемах экстенсивно и сильно зависят от погодных условий: температуры воды, скорости ветра, осадков.

С целью ускорения очистки рыбоводных стоков были применены аэротенки разных модификаций, разработанные для очистки городских стоков. Это емкости, в которых стоки усиленно аэрируются воздухом. При аэрации вода интенсивно перемешивается, что ускоряет процесс. Бактерии, участвующие в процессе очистки, создают в аэротенках биологический ил в виде мелких комочков. Поскольку в аэротенках ведется интенсивная аэрация, то наиболее активно в

них идут процессы аммонификации и нитрификации. Завершение процесса биологической фильтрации в части денитрификации происходит вне аэротенка. Путем специальных усовершенствований удалось достичь соотношения объемов аэротенков к объему рыбоводных бассейнов от 19:1 до 3:1.

При эксплуатации аэротенков большое внимание уделяется удержанию ила в рабочем состоянии. При залегании ила на дно сооружения или выносе его за пределы аэротенка очистная способность сооружения падает, так как всю биологическую работу ведут бактерии, создающие этот ил.

Чтобы избежать неприятностей с подвижным илом для очистки стоков применяются сооружения, наполненные субстратом (инертным материалом, обладающим развитой поверхностью), на поверхность которого оседают бактерии. Осевшие бактерии создают многочисленные колонии, потребляющие загрязнения из омывающих их вод. Такие сооружения получили название биофильтры. Применение биофильтров для обработки рыбоводных загрязнений позволило достичь отношения объема очистных сооружений к объему рыбоводных бассейнов в пределах 2:1, 1:1.

Главным элементом биофильтра является субстрат или загрузка биофильтра. Субстрат оценивают по развитости его поверхности в рабочем состоянии, то есть в активной зоне биофильтра. Оценка ведется по удельной поверхности субстрата  $S_{уд}$  в  $м^2/м^3$ . Здесь  $м^2$  - поверхность, создаваемая субстратом,  $м^3$  - объем активной зоны биофильтра, занимаемый субстратом. Чем выше удельная поверхность, тем больше бактерий может поселиться в кубическом метре активной зоны фильтра. Бактерии, заселяющие субстрат биофильтра, создают сплошную пленку на его поверхности.

Процессы изъятия загрязнений из воды биологической пленкой подчиняются основным законам массообмена. На первом этапе изъятие загрязнений происходит путем прилипания частиц загрязнения и их сорбции (поглощения) биопленкой. Интенсивность этих процессов тем выше, чем больше поверхность контакта воды и биопленки, чем выше концентрация загрязнений и чем сильнее турбулентность движения воды по биопленке. Турбулентность движения воды по биопленке активно сменяет слои воды, из которых изъято загрязнение на слои воды еще не вступившими в контакт с биопленкой.

Когда частицы загрязнений попадают в контакт с биопленкой, начинается процесс аммонификации нерастворенных органических соединений с выделением аммония. Аммоний, поступивший вместе с водой и полученный в результате аммонификации нерастворенной органики, утилизируется группами бактерий *Nitrosomonas*, осуществляющими первый этап нитрификации - окисление аммония до нитритов. Нитриты окисляются бактериями группы *Nitrobacter* до нитратов. Так как нитраты относительно малотоксичный продукт для рыб, то его концентрация может быть значительной без ущерба для результатов рыбоводства. Это обстоятельство позволило строить биофильтры для очистки рыбоводных стоков без блока денитрификации.

Жизнь биологической пленки имеет свои закономерности. Потребляя для своего питания азотные загрязнения из воды, биопленка растет по толщине и стареет. Биомасса пленки накапливается. Если в биофильтре не решены проблемы удаления стареющей пленки, то последняя, в свою очередь, отмирает, разлагается и загрязняет воду. Проблема обновления биопленки одна из самых главных. Эта проблема решается главным образом за счет создания таких гидродинамических нагрузок на субстрат, при которых рыхлые слои старой пленки отрываются и уносятся с током воды. В дальнейшем мигрирующие кусочки биопленки выделяются из воды и выносятся из системы. В местах отрыва старой биопленки на субстрате остается тонкий активный слой биопленки, который продолжает процесс изъятия и переработки загрязнений.

Интенсивность изъятия нерастворенной органики и нитрификации аммония оценивается коэффициентами:

$K_{хпк}$  - коэффициент изъятия нерастворенной органики в  $кг\ ХПК/м^2\ сут.$

$$K_{хпк} = \alpha_{хпк} \times N_{хпк}, \quad /62/$$

где  $\alpha_{\text{ХПК}}$  - безразмерный коэффициент, определяемый конструктивными особенностями био-фильтра и температурой воды;

$\text{НА}_{\text{ХПК}}$  - удельная нагрузка нерастворенной органики на поверхность субстрата, оцениваемая по ХПК в кг ХПК/м<sup>2</sup> в сут;

$K_{\text{NH}_4^+}$  - коэффициент нитрификации аммония в кг  $\text{NH}_4^+$ /м<sup>2</sup> в сут

$$K_{\text{NH}_4^+} = \alpha_{\text{NH}_4^+} \times \text{НА}_{\text{NH}_4^+}, \quad /63/$$

где  $\alpha_{\text{NH}_4^+}$  - безразмерный коэффициент, определяемый конструктивными особенностями биофильтра и температурой воды;

$\text{НА}_{\text{NH}_4^+}$  - удельная нагрузка аммония на поверхность субстрата в  $\text{NH}_4^+$ /м<sup>2</sup> в сут.

Из уравнений 62 и 63 следует, что изъятие продуктов загрязнения идет тем активнее, чем выше удельная нагрузка. Очевидно, что это справедливо только до определенного максимума нагрузки. Для замкнутых рыбоводных установок линейность наблюдалась до  $\text{НА}_{\text{ХПК}} = 8,3$  г ХПК/м<sup>2</sup> в сут и  $\text{НА}_{\text{NH}_4^+} = 0,6$  г  $\text{NH}_4^+$ /м<sup>2</sup> в сут.

Температурная зависимость интенсивности изъятия органики и нитрификации аммония имеет максимум при температуре +20 °С. При росте температуры до 20 °С эффективность изъятия растет. При увеличении температуры от 20 °С до 30 °С эффективность снижается, а при температуре +35 °С резко падает. Такой ход зависимости объясняется тем, что с ростом температуры растет биологическая активность биоценоза, а вместе с ней растет потребность в кислороде. Несущая способность воды по кислороду с ростом температуры падает, так как снижается концентрация равновесного насыщения воды кислородом. Затухание биохимических процессов при температуре выше 20 °С объясняется дефицитом кислорода.

Температурная зависимость коэффициентов  $\alpha_{\text{ХПК}}$  и  $\alpha_{\text{NH}_4^+}$  для рыбоводных стоков от форели по американским источникам имеет вид

$$\alpha = \alpha_{20} \times 1,143^{[T - 20]} \quad /64/$$

где  $\alpha_{20}$  - максимальное значение коэффициента при 20 °С;  
О.Е.

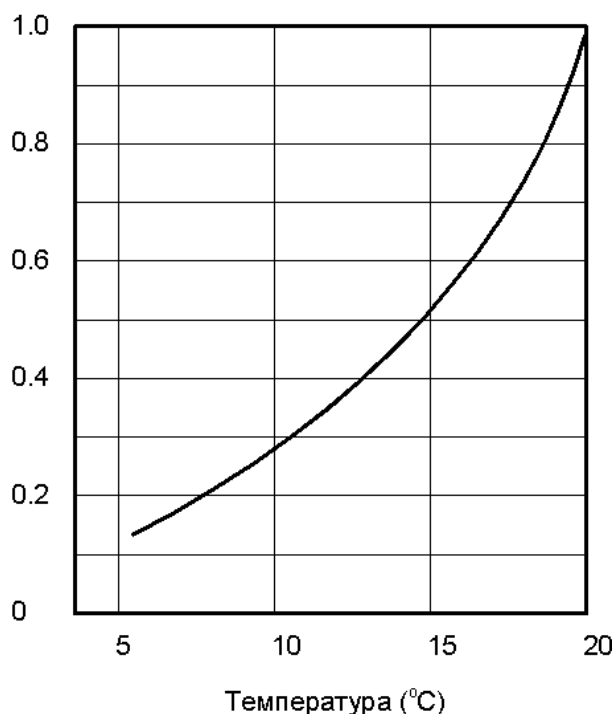


Рис.43. Изменение интенсивности биохимических процессов в биофильтре.

$-[T - 20]$  - отрицательное значение модуля разности текущего значения температуры  $T$  по отношению к 20 °С.

Изменение эффективности биохимических процессов в функции температуры в относительных единицах, построенное по уравнению 64 приведено на рис.43.

Температурный коэффициент для городских стоков (уравнение 64) лежит в пределах от 1 до 1,085.

Классификация биофильтров по способу их обустройства приведена на рис.44 .

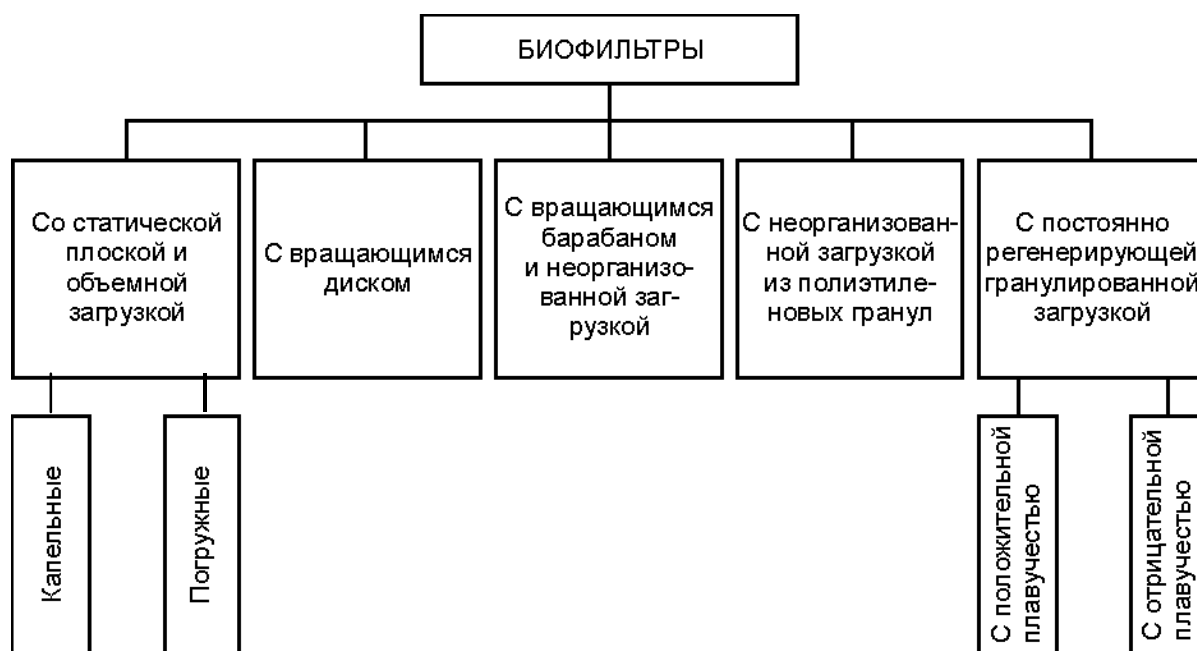


Рис.44. Классификация фильтров, используемых в рыбоводных установках.

**БИОФИЛЬТРЫ СО СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ.** Самая простая конструкция биофильтра со статической нагрузкой - это емкость, в которую помещен достаточно крупный гравий. Гравий залит очищаемой водой, которая удаляется из емкости по мере поступления новых порций загрязненной воды. Такой фильтр называется погружным. Если гравий не залит водой, а только непрерывно смачивается ей, то это будет, так называемый, капельный фильтр. Работа капельного фильтра несколько эффективнее, чем погружного, так как в нем выше обеспеченность кислородом за счет воздуха, находящегося в промежутках между гравием. Вода, скатываясь по поверхности гравия, обогащается кислородом. Кроме того, в тонком слое воды, текущем по поверхности гравия, выше турбулентность, чем в воде, плавно проходящей через толщу залитого гравия.

Самая большая проблема гравийного фильтра - отрыв состарившейся биопленки и ее удаление. В гравийных биофильтрах, работающих на городских стоках, для этой цели применяется землеройная техника, разрушающая слои гравия спекшиеся из-за выросшей биопленки.

В рыбоводных установках гравийные биофильтры применяют в малонагруженных системах с плотностью посадки рыбы 2 - 10 кг/м<sup>3</sup>.

Вторая существенная проблема биофильтра со статической нагрузкой - высокая нагруженность загрязнениями верхних слоев субстрата, на которые попадают неочищенные стоки. Нижележащие слои субстрата омываются водами, из которых уже изъята часть загрязнений. Этот эффект настолько существенен, что снижает эффективность работы всего объема биофильтра до 40% от потенциального значения.

Трудности очистки гравийных фильтров побудили конструкторов к поиску самоочищающихся загрузок биофильтров. К таковым следует отнести загрузки с достаточно гладкими вертикальными поверхностями, на которых облегчен отрыв рыхлых слоев биопленки за счет соб-

ственного веса и движения воды. В качестве субстрата в этом случае используются синтетические пленки, подвешенные за верхний край, стеклянные блоки с отверстиями, устанавливаемые один на другой, объемные блоки в виде пчелиных сот из синтетических материалов. Удельная площадь такого субстрата колеблется от 50 до 200 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. Дальнейшее повышение удельной площади загрузки такого вида невозможно, так как отверстия для пропуска воды сужаются и с течением времени наглухо зарастают биопленкой.

К достоинствам биофильтров, построенных из объемных блоков в виде сот, следует отнести их относительно большой объем единичного фильтра и легкость ограждающей конструкции. Такие фильтры строят в расчете на обработку стоков в количестве 20 - 30 тыс.м<sup>3</sup> в сутки.

Стенки этих фильтров не несут нагрузки, а выполняют роль ограждения, поэтому выполняются легкими.

Для крупных биофильтров проблема равномерного распределения очищаемой воды по площади фильтра решается с помощью устройства над фильтром "Сегнерова колеса" (рис.45). На подшипнике скольжения 1 устанавливается приемная емкость 2, от которой отходят симметричными лучами трубы 3. В трубах устроены отверстия 4. При подаче воды в емкость, она попадает в трубы и вытекает из отверстий 4, создавая реактивную тягу, с помощью которой все сооружение начинает вращаться с опорой в подшипнике. Равномерное распределение воды создается за счет вращения сооружения.

Количество воды, поступающее на единицу поверхности биофильтра, называют гидравлической нагрузкой. Размерность гидравлической нагрузки м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в сут.

**БИОФИЛЬТРЫ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ ДИСКАМИ.** Схема устройства биофильтра приведена на рис.46. Биофильтр имеет емкость 1, уровень воды в которой всегда постоянен. В емкости расположен вал 2, на подшипниках 3, на валу закрепляются плоский субстрат для оседания биопленки 4, вал с субстратом непрерывно вращается с помощью привода 5. Рекомендуемая частота вращения дисков фильтра, имеющих диаметр 1-3 м в пределах от 1 до 0,1 оборота в мин.

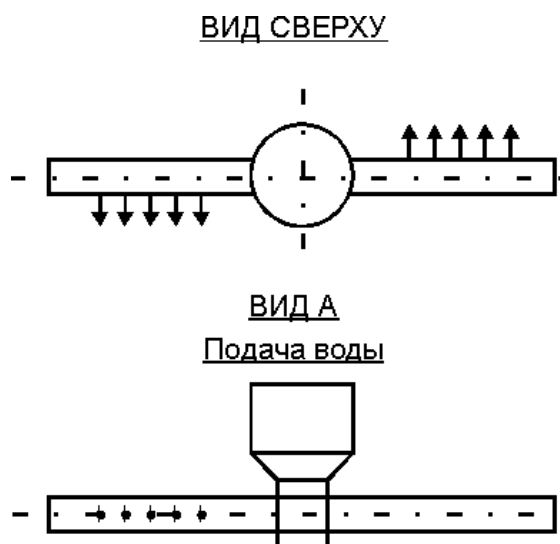


Рис.45. Устройство для распределения воды поверхности биофильтра: 1 - подшипник; 2 - емкость; 3 - трубы; 4 - отверстия.

Биохимические процессы очистки воды в этом фильтре идут при интенсивном перемешивании по всей активной зоне фильтра. Это обстоятельство повышает активность использования объема фильтра, создает хорошие условия для изъятия загрязнений биопленкой и создает условия для отрыва рыхлой части биопленки от субстрата. В процессе вращения субстрат с био-

пленкой периодически осушается. Тонкий слой воды, покрывающий осушенную пленку, насыщается кислородом воздуха. При погружении субстрата в воду захватываются пузыри воздуха, повышая концентрацию кислорода в очищаемой воде.

Предельная мощность единичного фильтра ограничивается производительностью по очищаемой воде в пределах 240 - 300 м<sup>3</sup>/сут. Созданию более мощных агрегатов препятствуют проблемы надежности механизмов, вращающих значительные массы субстрата. Наиболее уязвимое место вращающегося фильтра - обрыв механических связей между приводом и валом из-за большой инерционности вращаемых масс.

Удельная поверхность субстрата вращающихся фильтров колеблется в пределах 50 - 80 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, а соотношение объема очистных сооружений к объему рыбоводных бассейнов снижается до 1,5:1.

**ВРАЩАЮЩИЙСЯ БИОФИЛЬТР С НЕОРГАНИЗОВАННОЙ ЗАГРУЗКОЙ** представляет собой вращающийся биофильтр (см. рис.46), на валу которого вместо субстрата из дисков закреплен сетчатый барабан, плотно заполненный шариками из синтетических материалов. Замена плоских дисков на шарики позволила увеличить удельную поверхность субстрата до 185 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

При всех прочих достоинствах вращающегося фильтра (самообеспечение кислородом, активное использование всего объема фильтра, хорошие гидродинамические условия контакта биопленки и очищаемой жидкости) во вращающемся фильтре с неорганизованной загрузкой, эффект отторжения старой биопленки выше. При вращении барабана шарики периодически погружаются в воду и выходят из воды. В момент погружения на шарики действуют силы, возникающие из-за плавучести шариков, а при их осушении - сила тяжести. В результате воздействия этих сил шарики смещаются относительно друг друга, снимая со своих поверхностей биопленку. Слой пленки, освобожденный от старых наслоений, активно поглощает из воды загрязнения, интенсифицируя процесс изъятия. Оторванные частицы биопленки также продолжают свою деятельность по очистке воды, вплоть до их выноса в накопители грязи.

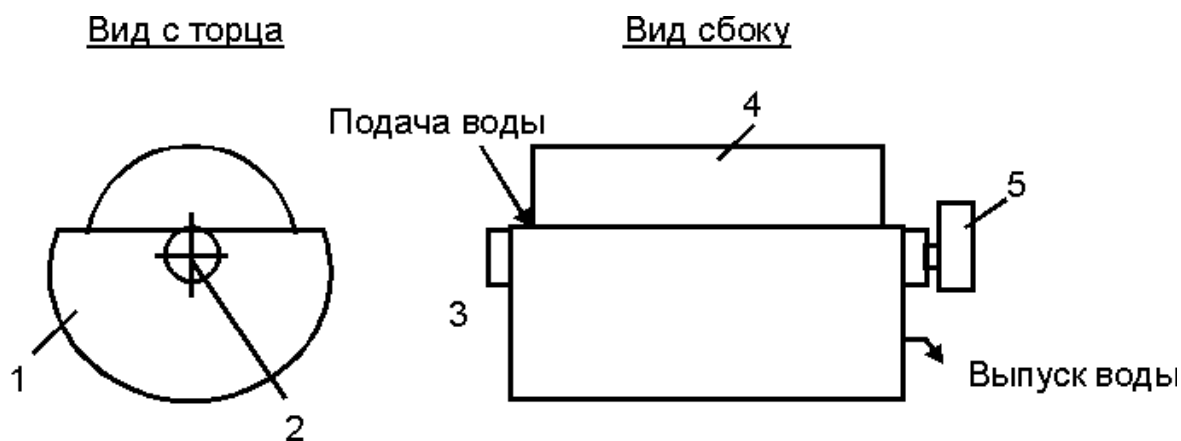


Рис.46. Схема устройства биофильтра с вращающимися дисками: 1 - емкость; 2 - вал; 4 - субстрат; 3 - подшипники; 5 - привод.

Область применения барабанов с неорганизованной загрузкой ограничивается конечными размерами барабана. Максимальный размер применяемых барабанов 1,72 м<sup>3</sup>. Изобретатели барабана применяли его непосредственно в бассейне с выращиваемой рыбой и в открытых прудах.

**БИОФИЛЬТР С НЕОРГАНИЗОВАННОЙ ЗАГРУЗКОЙ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ГРАНУЛ** использует в качестве субстрата полиэтиленовые гранулы с плотностью 0,93 - 0,95 и удельной

поверхностью  $750 - 1000 \text{ м}^2/\text{м}^3$ . Схема биофильтра приведена на рис.47. В корпусе биофильтра 1, размещается стакан 2, внутри стакана плавает слой полиэтиленовых гранул 3, биофильтр снабжен патрубком 4.

В рабочем состоянии очищаемая вода подается сверху на слой гранулы. Под действием тока воды слой несколько разжижается, занимая объем в 1,5 - 2 раза больший, чем в свободном состоянии. При токе воды через слой гранулы, на поверхности которой образуется биологическая пленка, происходит изъятие из воды загрязнений.

При выходе из стакана вода изменяет направление движения, что способствует отделению частиц загрязнения и отслоившегося ила и выпадению их в осадок. Очищенная вода поднимается между стенками стакана и корпуса и вытекает из патрубка 4. Уровень воды в корпусе остается постоянным.

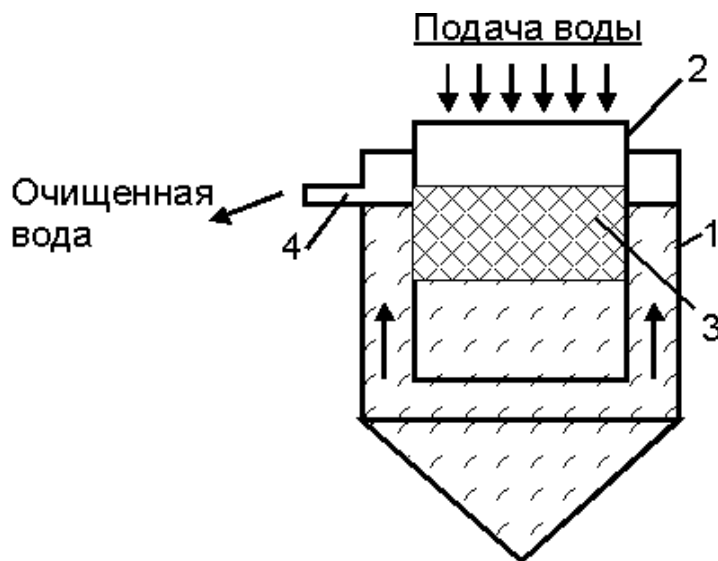


Рис.47. Схема биофильтра с неорганизованной нагрузкой из полиэтиленовых гранул: 1 - корпус; 2 - стакан; 3 - слой гранулы; 4 - патрубок.

Высокая удельная поверхность субстрата позволяет снизить отношение объема очистных сооружений к объему рыбоводных бассейнов до 1,5:1.

Фильтр, изображенный на рис.47, имеет ряд недостатков, связанных с организацией равномерного тока воды по всему поперечному сечению стакана. При неравномерном токе воды часть гранулы остается в не разжиженном состоянии. Это способствует срастанию гранул между собой за счет срастания биопленки, покрывающей поверхность каждой гранулы. Образовавшиеся конгломераты теряют способность к самоочищению, приобретают отрицательную плавучесть, тонут и служат источником вторичного загрязнения воды. Чтобы избежать нежелательных последствий из-за слабой самоочищаемости гранул от старой биопленки, в фильтрах такого типа предусматривают устройства, обеспечивающие барботаж гранулы. В результате интенсивного барботажа гранулы очищаются от старой биопленки, которая оседает затем в отстойниках фильтра.

Максимальная производительность по очищаемой воде фильтров, построенных по схеме изображенной на рис. 47, составляет 3 - 4 тыс.  $\text{м}^3$  в сут.

**БИОФИЛЬТР С ПОСТОЯННО РЕГЕНЕРИРУЮЩЕЙ НЕОРГАНИЗОВАННОЙ ЗАГРУЗКОЙ.** В этих биофильтрах реализуется идея использования гранулированного субстрата с высокоразвитой поверхностью ( $750 - 1700 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ) и способа активизации биопленки за счет принудительного удаления старых ее слоев в процессе нормальной работы фильтра. В биофильтрах

такого типа используется гранулированный материал как с положительной, так и с отрицательной плавучестью.

Схема фильтра, использующего полиэтиленовые гранулы с плотностью 0,92 - 0,95 и удельной поверхностью 750 - 1000 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, приведена на рис.48. В верхней части корпуса фильтра 1 устроен кольцевой лоток 2, отгороженный сеткой 3. В фильтре, заполненном водой, размещается слой плавающих гранул 4. Для подачи воды устроено сопло 5, совмещенное с эжектором 6. Под эжектором располагается отбойник 7. Для отвода очищенной воды из кольцевого лотка устроен патрубок 8.

Фильтр действует следующим образом. Очищаемая вода подается через сопло 5. Струя воды, выходящая из сопла, захватывает в эжектор часть гранул, проносит ее по стволу эжектора и ударяет об отбойник. В результате удара рыхлые слои биопленки отрываются, а гранула всплывает и снова попадает в круговорот гранул через эжектор. Очищаемая вода, изменяя направление движения после отбойника, теряет частицы грязи, выпадающие в отстойник. Далее очищаемая вода проходит слой гранул и попадает в кольцевой поток через сетку, удерживающую гранулу.

К достоинствам фильтра следует отнести высокую удельную поверхность субстрата, высокую эффективность использования биопленки, размещение в одном корпусе биофильтра и отстойника грязи. Относительная сложность изготовления и настройки элеватора компенсируется положительными качествами фильтра.

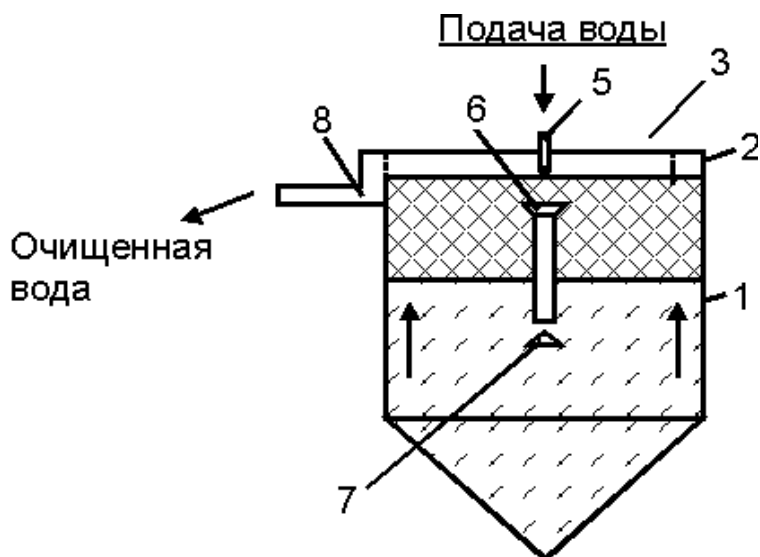


Рис.48. Схема биофильтра с постоянно регенерирующей неорганизованной загрузкой, имеющей положительную плавучесть: 1 - корпус; 2 - кольцевой лоток ; 3 - сетка; 4 - гранулы; 5 - сопло; 6 - эжектор; 7 - отбойник; 8 - патрубок.

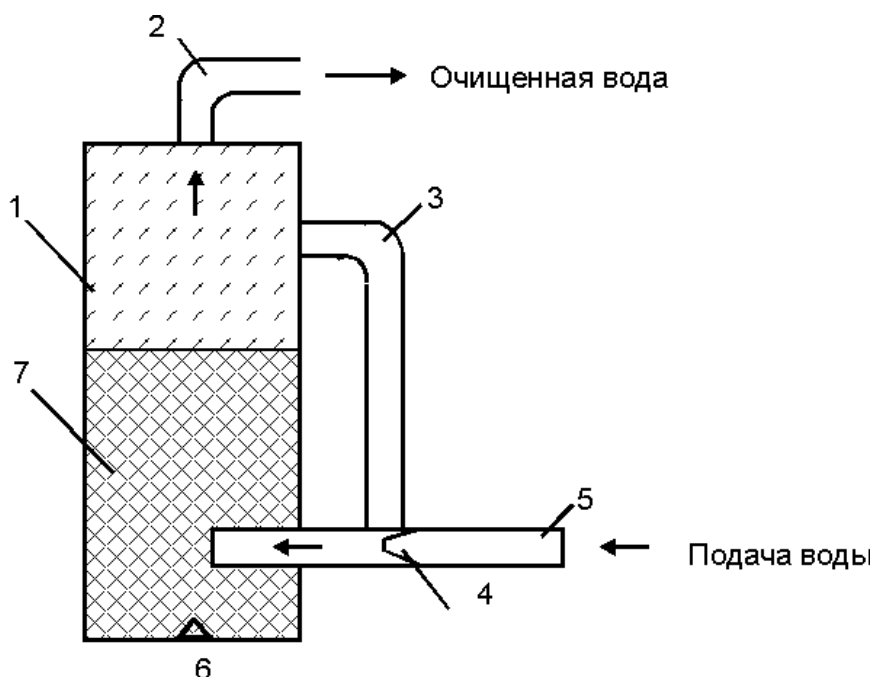


Рис.49. Схема фильтра с неорганизованной, постоянно регенерирующей загрузкой, имеющей отрицательную плавучесть: 1 - корпус; 2 - патрубок отвода; 3 - трубопровод оборотной воды; 4 - эжектор; 5 - патрубок подвода; 6 - отбойник; 7 - слой гранулы.

Схема фильтра, в котором использованы гранулы из материала с отрицательной плавучестью и удельной площадью до  $1700 \text{ м}^2/\text{м}^3$  приведена на рис.49. Фильтр состоит из корпуса 1, патрубка для отвода очищенной воды 2, трубопровода оборотной воды 3, эжектора 4, патрубка подвода воды 5, отбойника 6 и слоя гранулы 7.

Фильтр действует следующим образом. Очищаемая вода подается под давлением в патрубок 5 и, проходя через эжектор 4, захватывает из трубопровода 3 воду. Суммарный поток воды разрушает слой гранулы и, проходя через него, делится на две части. Одна часть отводится из фильтра, другая возвращается в фильтр по трубопроводу 3. Одновременно с оборотной водой в трубопровод 3 попадает часть гранулы. Проходя через эжектор фильтра и, ударяясь об отбойник 6, гранула теряет рыхлый слой биопленки. Частицы отбитой пленки движутся с током воды и выносятся из фильтра.

Чтобы обеспечить достаточно равномерный ток воды и гранулы по сечению корпуса фильтра, ему придают форму круглой колонны с диаметром не более 1 - 1,2 м. Это ограничивает возможность создания значительных по производительности фильтров в единичном объеме.

**КОНСТРУИРОВАНИЕ БИОФИЛЬТРОВ.** Биологические фильтры для оснащения рыбоводных установок не выпускались промышленностью СССР серийно.

Биофильтры входили составной частью в рыбоводные установки и строились по индивидуальным проектам. В СССР развивалось два направления конструирования фильтров. Одно направление развивало и совершенствовало устройства, работающие по принципу аэротенков (Верхне-Исетский металлургический завод). Другое направление развивало и совершенствовало биофильтры со статической и неорганизованной загрузкой (Ленинградский инженерно-строительный институт, ПО "Калининградрыбпром", ПО "Латрыбпром", Гидрорыбпроект, ВНИПРХ, Специальное конструкторское бюро г. Киев). Краткая характеристика результатов работы приведена выше.

В зарубежной практике разрабатывались установки с дисковыми вращающимися биофильтрами ("Штеллерматик"), установки с вращающимися барабанами ("Био-Матик"), установки с

плоской статической загрузкой ("Метц") и установки с неорганизованной, постоянно регенерирующей гранулированной загрузкой ("Фиштехник").

**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ФИЛЬТРА** в составе замкнутой рыбоводной установки. Одной из особенностей является то, что при постоянном расходе циркулирующей воды через биофильтр загрязнения поступают неравномерно. Поступление зависит от физиологических особенностей выращиваемого объекта (кормление, переваривание и т.п.). Загрязнения, попадая в циркулирующую воду, достаточно равномерно распределяются, и создают фоновую концентрацию. Циркулирующая вода, многократно проходя через биофильтр, теряет загрязнения. При каких-либо сбоях в системе рост фонового загрязнения неизбежен. Токсичное действие загрязнения может вызвать отказ рыбы от корма. Не съеденный рыбой корм, попадая в воду, увеличивает ее загрязнение.

Изменение температуры технологической воды в замкнутой системе не приводит к катастрофической потере окислительной мощности биофильтра, так как с понижением температуры одновременно снижается рацион питания рыбы и, как следствие, снижается продукция загрязнения. Сравнительные данные по снижению биохимической активности биофильтра и рациону форели массой 180 г приведена в табл.41.

Таблица 41.

*Связь активности фильтра и рациона форели*

| Температура °С                 | 20  | 15   | 10   | 5    |
|--------------------------------|-----|------|------|------|
| Биохимическая активность, о.е. | 1.0 | 0.52 | 0.26 | 0.13 |
| Рацион форели, о.е.            | 1.0 | 0.66 | 0.33 | 0    |

**ЗАПУСК НОВОГО ФИЛЬТРА** преследует своей целью заселение субстрата колониями бактерий двух видов *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. Бактерии этих видов присутствуют практически повсюду и, если в биофильтр попадает аммоний  $\text{NH}_4^+$ , то это вызывает развитие колонии бактерий *Nitrosomonas*. В результате окислительной деятельности бактерии *Nitrosomonas* в воде появляется нитрит  $\text{NO}_2^-$ , служащий питанием бактерий рода *Nitrobacter*, окисляющих нитрит до нитрата  $\text{NO}_3^-$ . Картина изменения концентраций аммония, нитрита и нитрата в процессе запуска биофильтра приведена на рис.50.

Нормальный срок завершения процесса формирования двух колоний бактерий в биофильтре составляет 30 - 40 сут. при оптимальной температуре 20 °С.

При небольших плотностях посадки рыбы 2 - 3 кг/м<sup>3</sup> запуск биофильтра проходит безболезненно, так как уровень концентрации токсичных продуктов не успевает возрасти до предельных значений. После формирования двух колоний бактерий нагрузка на биофильтр может плавно увеличиваться. О формировании колоний бактерий судят по изменению концентрации нитрата  $\text{NO}_3^-$ . Если концентрация нитрата растет, значит, бактерии рода нитробактер действуют.

Ускоренный запуск биофильтра проходит при частичной заправке фильтра субстратом из функционирующего биофильтра. Это очень просто выполнить при сыпучем субстрате (гранула, щебенка, гравий).

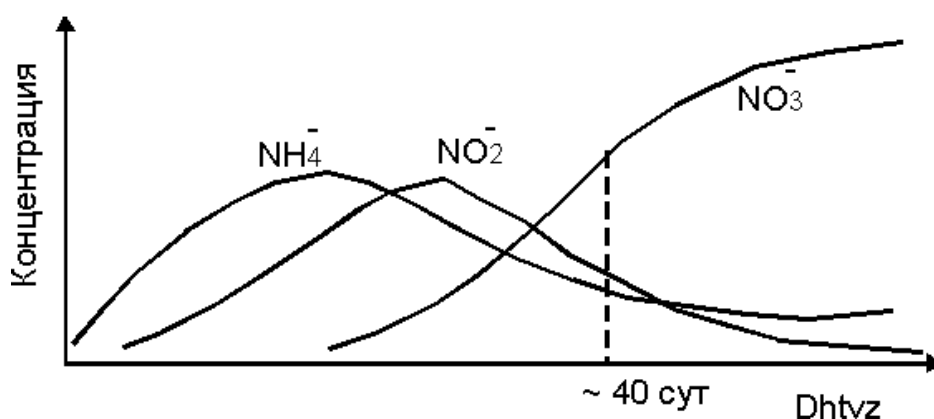


Рис.50. Картина изменения концентрации азотных ионов в процессе запуска биофильтра.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ БИОФИЛЬТРА В СОСТАВЕ ЗАМКНУТОЙ РЫБОВОДНОЙ УСТАНОВКИ. Расчет проводится для режима максимальной нагрузки системы рыбой и кормом при постоянной температуре воды. По размеру и виду рыбы определяется продукция органических загрязнений. Продукция органических загрязнений для форели и карпа (по данным ВНИИПРХ) приведена в табл.42.

Таблица 42.

*Продукция органических загрязнений от 1000 кг рыбы кг/сут*

| Размер рыбы   | Вид загрязнения                       | Форель | Карп    |
|---------------|---------------------------------------|--------|---------|
| Молодь        | NH <sub>4</sub> - NH <sub>3</sub> - N | 4 - 5  | 3,5 - 4 |
|               | БПК <sub>5</sub>                      | 22     | 13      |
|               | ХПК (пересчет)                        | 374    | 221     |
|               | NH <sub>4</sub> - NH <sub>3</sub> - N | 0,7    | 1,0     |
|               | БПК <sub>5</sub>                      | 5,0    | 3,0     |
| Товарная рыба | ХПК (пересчет)                        | 85     | 51      |

Расчет начинается с определения продукции загрязнений по двум показателям: аммоний -  $M_{NH_4^+}$ , и нерастворенной органики по ХПК -  $M_{ХПК}$ . Оценка окислительной мощности биофильтра данной конструкции должна быть задана характеристиками в виде уравнений  $K = \alpha \times HA$  (см. уравнения 62 и 63). Одновременно должно быть известно значение максимальной нагрузки, характерной для данной конструкции фильтра  $HA_{\text{макс}}$ . Расчетные значения нагрузки должны быть на 10 - 30% меньше максимального значения.

Расчетное значение активной поверхности субстрата, необходимого для работы биофильтра

$$S1 = M_{NH_4^+} / HA_{NH_4^+}; \quad /65/$$

$$S2 = M_{ХПК} / HA_{ХПК}.$$

Из двух полученных значений активной поверхности выбирается большее. С помощью уравнений 62 и 63 путем подстановки значений нагрузки  $HA_{NH_4^+}$  и  $HA_{ХПК}$  определяются значения  $K_{NH_4^+}$  и  $K_{ХПК}$ .

Выбранное значение активной поверхности субстрата должно быть достаточным для окисления поступающей продукции загрязнений. Достаточным считается такое значение активной поверхности субстрата, которое удовлетворяет неравенства

$$SK_{NH_4^+} > M_{NH_4^+}; \quad /66/$$

$$SK_{ХПК} > M_{ХПК}.$$

Так как биофильтр проявляет свою способность очищать воду в замкнутой рыбоводной установке только при циркуляции через него воды, то необходимо рассчитать проточность

фильтра -  $Q$ , м<sup>3</sup>/сут. От проточности фильтра зависит конечная концентрация загрязнений в системе. Связь концентрации и проточности задается уравнениями

$$C_{\text{NH4}^+} = \frac{M_{\text{NH4}^+}}{\alpha_{\text{NH4}^+} \times Q}; \quad /67/$$

$$C_{\text{хпк}} = \frac{M_{\text{хпк}}}{\alpha_{\text{хпк}} \times Q}.$$

В целях упрощения расчетных формул 67 в них опущено влияние подпитки свежей водой на остаточную концентрацию загрязнений.

С помощью зависимости 67 либо рассчитывается значение проточности  $Q$ , либо по известному значению  $Q$  определяется остаточная концентрация загрязнений, которая затем сравнивается с ПДК. По аммонии полученное значение концентрации сравнивается с допустимым по табл.10 (см. раздел "Качество воды"). Для ориентировочных расчетов высоконагруженных установок с плотностью посадки рыбы 40 - 120 кг/м<sup>3</sup> можно принять рН технологической воды равным 6,0. Для малонагруженных систем рН технологической воды мало отличается от рН подпиточной воды. Если расчетные значения концентрации загрязнений велики, то необходимо либо планировать меньшую нагрузку по рыбе, либо выбрать биофильтр с более интенсивной работой биоценоза  $\alpha$ , либо увеличить проточность биофильтра, если гидравлическая нагрузка на фильтр может быть увеличена.

## МЕХАНИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

**РЫБОВОДНЫЙ ОСАДОК** - продукт, задерживаемый механическими фильтрами. Механическая очистка технологической воды рыбоводных установок преследует цель отделения от жидкости твердых тел. Отделению подлежат продукты первичного загрязнения (остатки корма, фекалии, чешуя и другие твердые загрязнения) и вторичного загрязнения (избыточный активный ил). Наибольшая концентрация первичных загрязнений находится в воде на выходе из рыбоводных бассейнов, а вторичных - после биофильтра. В замкнутых по воде системах имеет смысл говорить о смеси первичного и вторичного загрязнений, так как оба вида загрязнений попадают в циркулирующую воду, и задерживаются фильтрами, расположенными в любой точке системы. Концентрация взвешенного вещества в таких системах достигает 50 - 60 мг сухого вещества на 1 л воды.

По физико-механическим свойствам нерастворенные осадки представлены грубо- и мелкодисперсными примесями, коллоидными и слизеподобными веществами. Эффект гравитационного осветления воды с рыбоводным осадком в течение 60 мин равен 88%. Состав рыбоводных нерастворенных осадков изменяется при изменении вида корма и режима работы рыбоводной установки. Высушенный рыбоводный осадок из замкнутой рыбоводной установки представляет собой порошок коричневого или светло-коричневого цвета с легким запахом, характерным для исходного корма. Примерный биохимический состав высушенной до 10% влажности смеси первичного и вторичного осадков следующий: зольность 29%, сырой протеин 25%, сырой жир 1%, клетчатка 11%, витамины В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> 40 мг/л. Сохранение биохимического состава при температуре +20 °С наблюдается в течение 6 - 7 часов хранения.

Рыбоводный осадок, оседающий в регламентированных местах установки (накопители осадка) и в нерегламентированных местах (трубы, лотки, дно и стенки бассейнов и т.п.), представляет биологически активную массу, в которой протекают сложные биологические процессы, сопровождающиеся изменением структуры и состава массы. Эти процессы служат источником вто-

ричного загрязнения воды, а также потребляют из воды кислород и изменяют pH воды. Опыты по самоокислению биомассы показали ее возрастающую активность после 24 часов хранения в воде установок. Этим определяется максимальное время цикла очистки отстойников рыбоводной установки от накопившегося осадка.

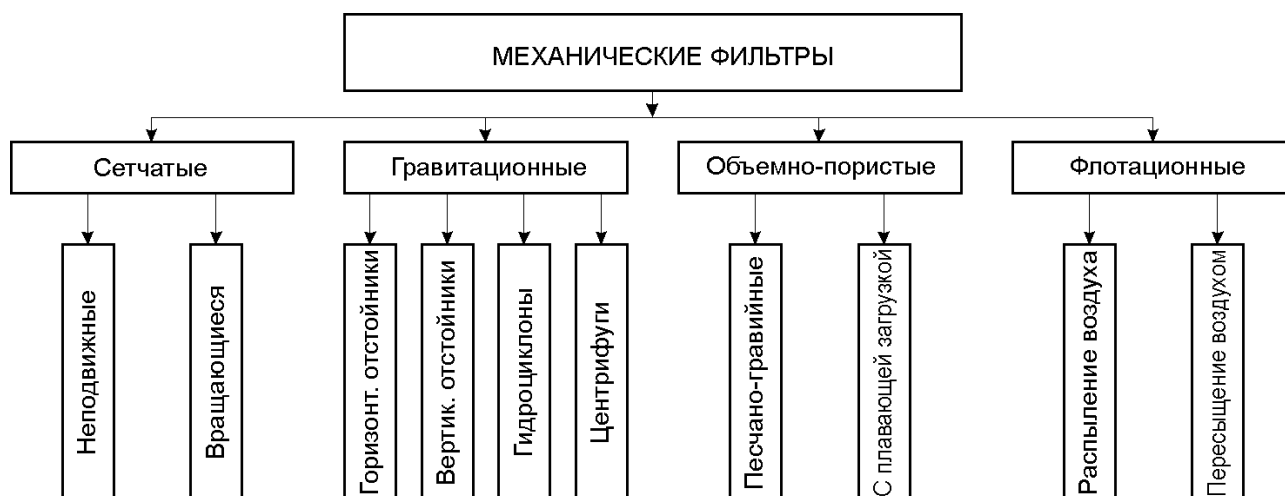


Рис.51. Классификация механических фильтров рыбоводных осадков.

**КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ РЫБОВОДНЫХ УСТАНОВОК.** В силу особенностей рыбоводного осадка для его отделения от воды пригодны не все виды фильтров. Оценка и сравнение фильтров ведется по следующим показателям: отношение объема фильтра к номинальной проточности, потери напора в фильтре, сложность обслуживания, управление фильтроциклом, эффект очистки в %, затраты воды на обслуживание фильтра.

Применяемые в рыбоводных установках фильтры можно условно разделить по способу отделения осадка на четыре группы (рис.51). Каждая группа делится на подгруппы, отличающиеся конструктивными особенностями.

**СЕТЧАТЫЕ ФИЛЬТРЫ** используются в рыбоводных установках для различных целей и, в зависимости от назначения, имеют различные размеры ячее. Неподвижные сетчатые фильтры закрывают все выпуски воды из бассейнов и удерживают гранулированный субстрат фильтров. На выпусках из бассейнов сетки удерживают не только живую рыбу от ухода из бассейна, но и достаточно крупный сор: погибшую рыбу, случайные предметы, водоросли. Чем мельче рыба содержится в бассейне, тем мельче должна быть ячей сетки. Стремлению уменьшить ячей сетки препятствует возможность ее быстрого засорения, а в высоконагруженных установках ячей зарастает биопленкой и не пропускает воду. Так сетка с ячейей 3 мм зарастает полностью в течение нескольких суток.

Использование неподвижных сетчатых фильтров всегда предусматривает меры по периодической или постоянной очистке их от закупорки. Там, где это возможно, используется ручная чистка. В больших и достаточно глубоких бассейнах предусматривается система механических щеток с дистанционным приводом или промывка сеток струей воды под давлением. Заслуживает внимания и метод очистки сеток, дна и стенок бассейнов путем подсадки в бассейны с культивируемой рыбой небольшого количества рыб, поедающих отложения - тиляпии, белого амура. Не являясь конкурентами по питанию комбикормом основному культивируемому виду, они довольствуются обрастаниями во всех доступных им частях бассейна.

Вращающиеся сетчатые фильтры (радиальные) представляют собой цилиндрический каркас с натянутой на него сеткой. Поступающий поток направлен вдоль оси вращения цилиндра, выходящий - радиально от оси цилиндра к его периферии, таким образом, чтобы жидкость прошла

через ячеи сетки. Промывка сетки осуществляется либо периодически, по мере возрастания напора, либо постоянно.

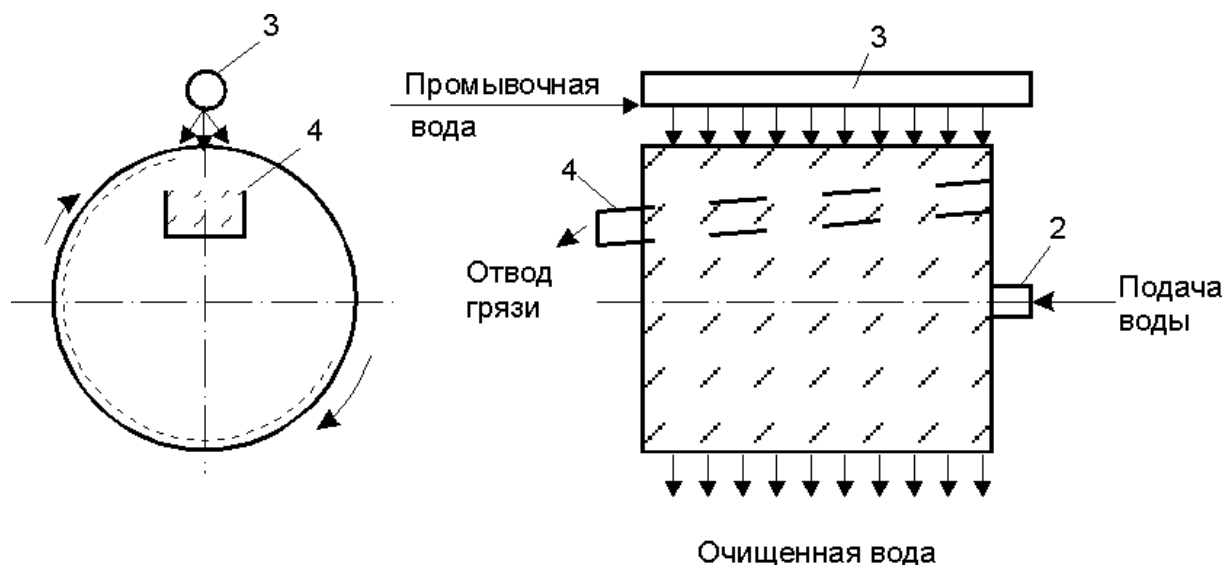


Рис.52. Схема устройства радиального вращающегося сетчатого фильтра: 1 - сетчатый барабан; 2 - патрубок подачи очищаемой воды; 3 - патрубок подачи промывочной воды; 4 - желоб отвода грязи.

Схема постоянно действующей промывки радиального фильтра приведена на рис.52. Фильтр состоит из сетчатого барабана 1, патрубка подачи очищенной воды 2, трубопровода подачи промывочной воды 3, желоба для сбора отвода промывочной воды с грязью 4.

Размер ячеи для фильтрующих сеток радиальных фильтров зависит от его назначения. Желание отделить мелкие частицы заставляет применять мелкоячеистые сетки. Такие фильтры называются микрофильтрами. Потери напора и промывочной воды с уменьшением ячеи сетки возрастают. Это ограничивает применение фильтра задачами отделения крупного мусора. Применение микрофильтров в высоконагруженных системах малоэффективно, так как связано с затратами промывочной воды подаваемой под давлением.

**ГРАВИТАЦИОННЫЙ СПОСОБ ОТДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ** заключается в использовании эффекта разделения воды и частиц грязи из-за их различной плотности. Плотность частиц грязи несколько выше плотности воды, поэтому в спокойной воде частицы грязи движутся вниз и накапливаются на дне. Удаление грязи в спокойной воде называется отстаиванием. Принцип отстаивания положен в основу горизонтального отстойника, схема которого приведена на рис.53. Отстойник представляет собой емкость с плоским дном, разделенную на три секции. Входная секция 1 предназначена для уменьшения турбулентности и скорости движения потока. Секция 2 предназначена для осаждения осадка. Секция 3 обеспечивает переход к высоким скоростям движения потока. Наибольший эффект отстаивания наблюдается при низких скоростях и ламинарном течении жидкости. Рекомендуемые скорости течения воды в секции отстоя должны быть менее 0,8 м/сек. Рекомендуемое время пребывания воды в отстойнике - 15 - 60 мин. Потери напора незначительны. Эффект очистки 10 - 30% взвесей. Очистка дна секции 2 от накопившегося осадка представляет определенные трудности, так как осадок распределяется по всей поверхности дна почти равномерно. Кроме того, очистке подлежат все стенки отстойника, так как со временем они покрываются слоем биопленки, условия для отрыва и выноса которой отсутствуют.

В практике рыбоводных установок широкое применение нашли отстойники с вертикальным перемещением очищаемой воды и смещением вектора ее движения от центра к периферии (рис.54 а, б). Отстойник имеет цилиндрический корпус 1 с плоским а) или конусным б) дном. В верхней части корпуса устроен кольцевой лоток для приема очищенной воды 2. В центре корпуса размещена труба для подачи воды 3. Если дно у отстойника плоское, то в его состав включается скребок 4, приводимый в движение приводом 5. Очищаемая вода подается сверху вниз по трубе 3. При выходе из трубы скорость движения воды падает, а направление движения изменяется на противоположное. Изменение направления движения воды ускоряет выпадение в осадок частиц грязи за счет влияния центробежных сил.

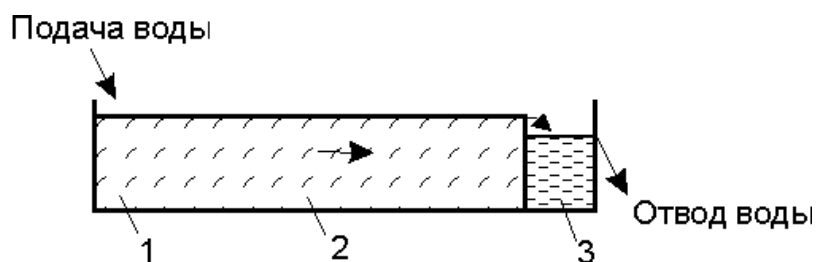


Рис.53. Схема горизонтального отстойника: 1 - секция ввода; 2 - секция отстаивания; 3 - секция выпуска воды.

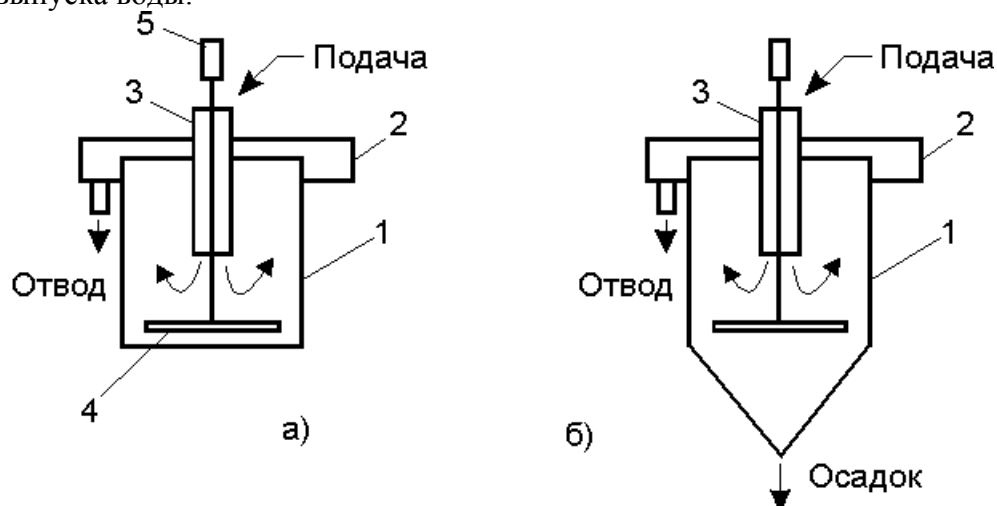


Рис.54. Схемы вертикальных отстойников: 1 - корпус; 2 - кольцевой лоток; 3 - труба подачи воды; 4 - скребок; 5 - привод.

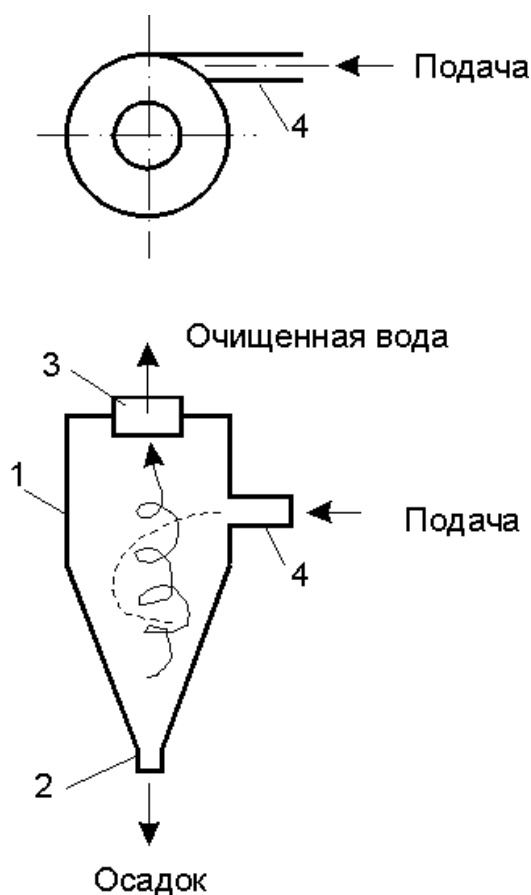


Рис.55. Схема гидроциклона: 1 - корпус; 2 - нижний патрубок; 3 - верхний патрубок; 4 - входной патрубок.

Подъем воды снизу вверх также сопровождается выпадением частиц грязи в осадок, если скорость движения воды вверх ниже скорости опускания частиц грязи вниз. Оптимальной считается скорость подъема воды 10 м/час или 3 мм/сек, скорость движения воды по центральной трубе подачи - 0,08 - 0,1 м/сек, угол наклона конусного дна 45 - 50°.

**ГИДРОЦИКЛОН.** Эффект выделения осадка может быть усилен за счет вращательного движения жидкости в аппарате, именуемом гидроциклон. Схема гидроциклона приведена на рис.55. В цилиндрическом корпусе 1 устроено коническое дно с выходным патрубком 2, в верхней части корпуса устроена крышка с патрубком 3. По касательной к цилиндрической части корпуса встроен патрубок 4. При подаче воды в патрубок 4 она движется внутри корпуса по спирали. В результате движения частицы грязи выносятся к стенкам корпуса. Винтообразный поток движется сначала вниз вдоль стенок, затем вверх в его центральной части. Между этими двумя потоками образуется зона, в которой скорость вертикального движения равна нулю. В центре спирали, поднимающейся снизу вверх, образуется область низкого давления, которая заполняется воздухом или парами жидкости. Ядро, заполненное воздухом, возникает и увеличивается с увеличением скорости вращения воды.

Осветленная вода поднимается в верхнюю часть аппарата и выливается из него. Частицы взвеси вместе с частью воды выходят из нижнего патрубка. Эффективность осветления воды зависит от режима работы гидроциклона.

В рыбоводной практике гидроциклоны использовались в единичных случаях. Причиной тому необходимость в высоком давлении на входе, а, следовательно, высокие энергетические затраты. Нормальная работа гидроциклона наблюдается при падении давления 1,5 - 3 кг/см<sup>2</sup>. Эффективность очистки тем выше, чем выше скорости движения жидкости.

Если гидроциклон, изображенный на рис.55, использовать при небольшом давлении, а нижний патрубок перекрыть, то такой прибор выполняет роль ловушки взвесей, которые накапливаются в его нижней части. Безнапорные циклоны достаточно эффективно работают в аквариумах и промышленных рыбоводных установках, задерживая примерно 15% взвесей. Требования к циклу удаления осадка из безнапорного циклона остаются неизменными, выпуск осадка должен производиться не реже одного раза в сутки.

ЦЕНТРИФУГИ как аппараты для отделения взвесей от воды в составе рыбоводных установок не использовались. На станциях очистки фекальных вод используются центрифуги со шнековой подачей для понижения влажности осадка до 85 - 87%. Центрифугирование идет активно только при внесении добавок коагулирующего действия. Эффективность центрифугирования без добавления коагулянтов низка из-за присутствия в осадке коллоидных и слизеподобных веществ.

**ОБЪЕМНЫЕ ПОРИСТЫЕ ФИЛЬТРЫ.** В классических песчаных фильтрах очистка воды осуществляется пропусканием ее через слой песка или какого-либо другого зернистого материала. Частицы взвеси, размер которых превышает размер пор, задерживаются песком. Размер песка в классическом песчаном фильтре колеблется от 2 до 0,02 мм. Применяя в качестве фильтрующих частиц глину, диатомит можно задерживать взвеси до 0,1 мкм. В случае закупоривания фильтра его отключают от системы подачи очищаемой воды и промывают обратным током воды.

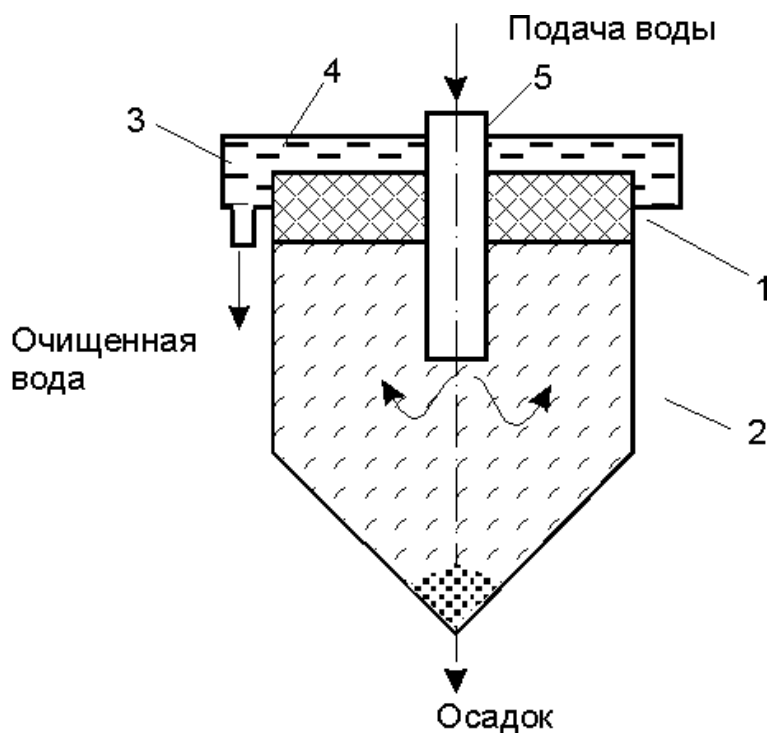


Рис.56. Фильтр с плавающей загрузкой: 1 - фильтрующий слой гранулы; 2 - корпус; 3 - кольцевой лоток; 4 - сетка; 5 - подающая труба.

Песчаные фильтры не нашли применения в практике очистки рыбоводных стоков, так как поверхность песчинок покрывается слоем биопленки. Биопленка, обладая сорбирующими свойствами, притягивает загрязнения, разрастается и закупоривает фильтр, срачивая песчинки в единый конгломерат. Обратная промывка сросшегося слоя песка не восстанавливает его фильтрующих свойств.

Преодолеть препятствия, связанные с зарастанием и регенерацией фильтрующего слоя, удалось путем применения вместо песка полиэтиленовой гранулы диаметром 2,5 мм с плотностью 0,93 - 0,95. Фильтры с плавающей загрузкой (ФПЗ) нашли широкое применение в практике рыбоводных установок. Схема ФПЗ приведена на рис.56. Фильтрующий слой гранулы 1 размещается в корпусе 2, имеющем кольцевой лоток 3, выход в который защищен сеткой 4. Для подачи воды в фильтр внутри корпуса устроена труба 5. Дно корпуса на рисунке изображено конусным, но может быть плоским. При плоском дне конструкция усложняется скребками и приводом для скребков.

Фильтр работает следующим образом. Загрязненная вода подается по трубе 5 в зону отстоя. В этой зоне ФПЗ работает как обычный вертикальный отстойник. Медленно поднимаясь вверх, вода проходит фильтрующий слой и очищенной сливается через сетку в кольцевой лоток. По мере накопления осадка в порах фильтрующего слоя увеличивается его гидравлическое сопротивление и уровень воды в фильтре несколько поднимается (на 5 - 10 см).

Очистка фильтрующего слоя производится при отключении подачи очищаемой воды. Для очистки используют барботаж гранулы либо сжатым воздухом, либо струей воды. Затем воде дают отстояться и сливают накопившийся на дне осадок. ФПЗ обладает высокой эффективностью очистки до 82 - 92%. Это объясняется, очевидно, сорбционными свойствами биопленки, покрывающей гранулу. В силу обладания способностью сорбировать биопленка задерживает частицы намного меньше по размеру, чем поры между гранулами. Фильтрующие свойства гранулы восстанавливаются достаточно легко, так как из-за небольшой положительной плавучести гранулы даже незначительные усилия, возникающие при барботаже, разрушают слой гранулы, накопивший загрязнения.

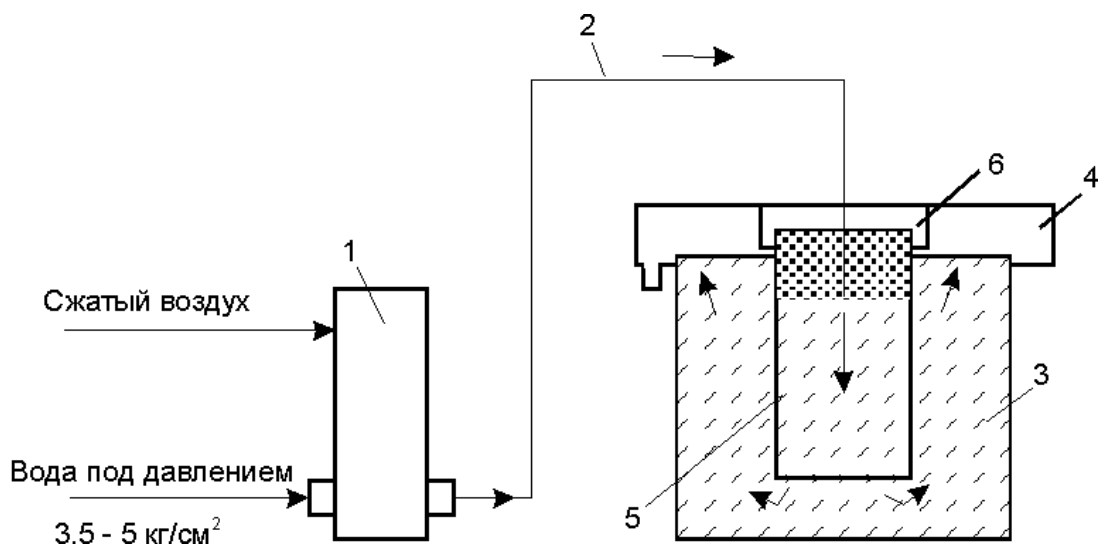


Рис.57. Схема флотации с инъекцией воздуха под давлением: 1 - аппарат для инъекции воздуха; 2 - трубопровод насыщенной воды; 3 - емкость флотатора; 4 - лоток сбора воды; 5 - внутренний корпус; 6 - пеносборник.

Потери напора в ФПЗ незначительны (менее 1 м).

Эффективность очистки в ФПЗ зависит от скорости фильтрации и концентрации взвешенных веществ в очищаемой воде. При скорости подъема около 10 м/час, высоте фильтрующего слоя 0,2 - 0,5 м и цикле очистки 24 часа эффект очистки максимальный.

ФЛОТАЦИЯ как способ механической очистки воды от взвесей иногда используется для очистки рыбоводных стоков, а также для подготовки воды из открытых источников перед пода-

чей в рыбоводные бассейны. Удаление взвешенных веществ происходит путем концентрации их в пене, образующейся при продувке воды сжатым воздухом. Параллельно с адсорбцией взвесей на поверхности воздушных пузырьков происходит коагуляция и укрупнение коллоидных частиц, что облегчает их задержание на механическом фильтре. В процессе продувки происходит повышение рН среды и удаляется значительное количество аммиака.

Наиболее эффективны камеры с противотоком воды и пузырьков воздуха. Рекомендуемый расход воздуха не менее  $10 \text{ м}^3/\text{м}^2$  при избыточном давлении  $0,2 - 0,35 \text{ кг/см}^2$ . Основными факторами, определяющими эффективность флотационного процесса очистки воды от взвесей, являются время контакта, и величина площади раздела фаз вода/воздух. С увеличением суммарной поверхности раздела вода/воздух возрастает величина потенциала заряда между пузырьками и частицами органических соединений. При размере пузырьков  $1 - 1,5 \text{ мм}$  поверхность раздела фаз лежит в пределах  $40 - 50 \text{ м}^2/\text{л}$ .

По способу образования пузырьков в устройствах флотации для рыбоводных установок используются два способа:

- воздушные пузырьки получают путем распыления сжатого воздуха через перфорированные трубы;
- сжатый воздух инжектируется в воду под высоким давлением и при снятии давления он освобождается из воды пузырьками.

При пропускании воздуха через перфорированные трубы сложно добиться образования мелких пузырьков воздуха, а, следовательно, и высокой эффективности устройства в целом. При инъекции воздуха в воду под высоким давлением размеры пузырьков после снятия давления остаются минимальными. Этот метод нашел применение, как в рыбоводной практике, так и на станциях очистки воды. Преимущества этого способа очевидны, так как удаляются частицы, плотность которых незначительно отличается от плотности воды. Удаляются частицы размером от  $10 \text{ мкм}$ . Особенно эффективно с помощью флотации уменьшается микробиологическое загрязнение воды, эффект очистки достигает  $90\%$ .

Схема устройства для очистки воды с помощью инъекции воздуха под давлением приведена на рис.57. В схему входит аппарат для насыщения воды сжатым воздухом 1, трубопровод подачи воды, насыщенной воздухом, 2, емкость флотатора 3 с кольцевым лотком сбора воды 4, внутреннего корпуса 5 с кольцевым лотком для сбора пены 6. Устройство аппарата для инъекции воздуха в воду под давлением аналогично устройству оксигенатора. Эффективная инъекция воздуха происходит в аппарате при давлении  $3,5 - 4 \text{ кг/см}^2$ .

Насыщенная воздухом вода по трубопроводу 2 подается во внутренний корпус флотатора 5. Давление воды в корпусе флотатора резко падает, воздух выделяется в виде мелких пузырьков, увлекая с собой частицы загрязнений, которые собираются в пеносборнике. Вода движется вниз по корпусу флотатора, унося с собой крупные частицы загрязнения, которые выпадают в осадок на дно флотатора. Далее вода поднимается между корпусами флотатора и собирается в кольцевом лотке 4.

Чтобы избежать опасного остаточного пресыщения воды азотом воздуха, площадь контакта воды с атмосферным воздухом в кольцевом лотке должна обеспечивать полную дегазацию избыточного насыщения азотом. К недостаткам способа очистки по схеме, изображенной на рис.57, следует отнести высокую энергоемкость инжектирования воздуха.

## КОРРЕКЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Задача коррекции температуры воды в аквакультуре всегда актуальна. Для большинства объектов выращивание с максимальной скоростью возможно только при подогреве воды большую часть года. Особенно важна эта задача в северных широтах с суровым климатом. При решении задач созревания производителей в искусственных условиях часто необходимо понижение температуры воды. Потери энергии на коррекцию температуры воды особенно велики при использовании проточных рыбоводных установок. Принимались безуспешные попытки разработать экономные устройства в проточных рыбоводных установках. Принцип действия таких систем основан на использовании теплообменных аппаратов для передачи тепла от рыбоводного стока в холодную воду, поступающую в рыбоводные бассейны. Успешной реализации этой идеи препятствует оседание ила и обрастание внутренних поверхностей теплообменника биологической пленкой, так как вода рыбоводных стоков насыщена продуктами жизнедеятельности рыб.

Не нашли широкого применения и так называемые тепловые насосы на базе компрессионных машин, работающих по принципу холодильников. Теплонасосная установка (рис.29) включает в себя компрессор - 1, конденсатор - 2, испаритель - 3. Компрессор, потребляя электрическую энергию, сжимает газ, циркулирующий по замкнутому контуру. Нагретый в результате сжатия газ отдает тепло воде, поступающей в бассейны с рыбой. Остывший в результате теплообмена с водой газ расширяется, поступая в испаритель. В результате испарения температура газа падает. За счет теплообмена с окружающей средой испаритель подогревается низкотемпературным теплом воздуха или воды. Тепло поток идет от воды или воздуха к испарителю, температура которого значительно ниже температуры окружающей среды.

Такой режим эксплуатации теплового насоса позволяет на каждый квт.ч электроэнергии, затраченной на сжатие газа, получить 3 - 4 квт.ч тепловой энергии на нагреве воды.

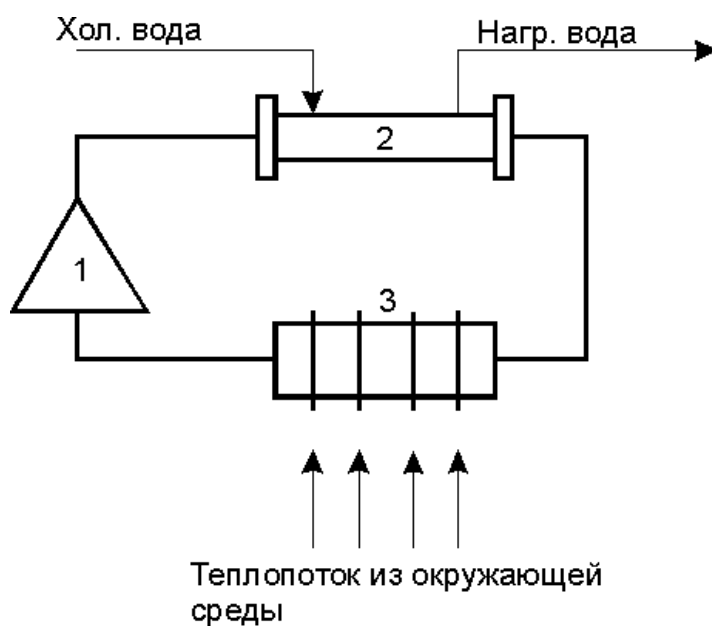


Рис.29. Схема теплового насоса: 1 - компрессор; 2 - конденсатор; 3 - испаритель.

Самая сложная проблема применения теплового насоса - это проблема теплообмена между испарителем и окружающей средой в зимнее время при отрицательных температурах воздуха и низких температурах воды, близких к точке замерзания.

Коррекция температуры в замкнутых по воде установках не требует столь масштабного теплообмена, так как расходы свежей подпиточной воды в тысячи раз меньше, чем в проточной системе. Задача коррекции сводится к компенсации потерь тепла между водой, циркулирующей в установке, и окружающей средой и доведении температуры подпиточной воды до требуемого уровня. При размещении замкнутой рыбоводной установки в отапливаемом помещении и невысоких требованиях к точности стабилизации температуры достаточно подогревать подпиточную воду с таким расчетом, чтобы компенсировать суточное снижение температуры в установке. В зимнее время подпиточную воду можно перегревать, а в жаркие летние дни подавать с температурой, ниже температуры циркулирующей воды.

Корректирующее воздействие может быть направлено непосредственно на циркулирующую воду. В этом случае дозирование энергии, вводимой в установку, должно регулироваться с помощью автоматических приборов.

Схема корректировки температуры видоизменяется в зависимости от имеющегося в распоряжении источника энергии и величины теплотерь.

**ЭЛЕКТРОНАГРЕВ.** Использование электронагревателей для цели коррекции температуры упрощает конструирование системы, позволяет автоматизировать процесс с помощью достаточно простых средств автоматического управления. Электронагревательные устройства для воды разработаны и широко используются. Для самых маленьких рыбоводных установок применимы автоматизированные электронагреватели для аквариумов, поступающие в продажу в магазинах "Природа". Эти нагреватели рассчитаны для размещения в аквариумах.

Для более крупных рыбоводных установок могут быть использованы проточные водоподогреватели. Например, водонагреватель электрический марки ВЗП-210, проточного типа без внутреннего давления, предназначенный для подогрева воды от 7 до 65 °С. Нагреватель обеспечивает нагрев от 7 до 65 °С 210 л воды в час, подключается к трехфазной сети 380 В, 15 кВт, имеет массу 25 кг.

Проточные электроводоподогреватели широко применяются в сельском хозяйстве. Нагрев воды осуществляется с помощью трубчатых электронагревателей - ТЭНов. Активная часть ТЭНа - спираль из сплавов высокого сопротивления. Спираль помещается в трубко-корпус, все пространство между спиралью и корпусом заполняется периклазом - кристаллической окисью магния. Концы спирали выведены из трубки-корпуса через изоляторы. ТЭНы встраиваются в корпус электроводоподогревателя и соединяются в электрическую схему в зависимости от питающей сети. Мощность одной серийной водогрейной установки не превышает 30 кВт.

Более мощные электроводоподогреватели выпускаются с электродными элементами. Металлические электроды размещаются в воде внутри корпуса нагревателя. К электродам подводится напряжение электрической сети. Ток, возникающий за счет ионной проводимости воды, нагревает ее. Промышленностью выпускаются для нужд потребителей электродные водогрейные котлы марок ЭПЗ и ЭПЗ-И2 мощностью 25, 60, 100, 250 и 400 кВт. Нагреватели серии ЭПЗ рассчитаны на использование воды с удельным электрическим сопротивлением 3 кОм при 20 °С, вода с сопротивлением менее 1 кОм и более 5 кОм непригодна. Нагреватели серии ЭПЗ-И2 рассчитаны на питание от сети 380/220 В, 50 Гц с глухо-заземленной нейтралью с соединением электродной группы в "звезду".

Электродные водоподогреватели серии КЭВ имеют ряд мощностей 9, 40, 63, 100, 160, 250, 400 и 1000 кВт. Питание от трехфазной сети с глухо-заземленной нейтралью, напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц.

Выбор мощности электронагревательной установки производится с учетом количества воды, требующей подогрев  $G$ , кг, разницы температур конечной  $t_k$ , °С и начальной  $t_n$ , °С и времени, требующегося на нагрев воды  $\tau$ , час. Количество тепловой энергии, потребной на нагрев воды,

$$W = G \times C \times K_3 \times \frac{t_k - t_n}{\tau}, \text{ ккал/час}, \quad /55/$$

где  $C$  - удельная теплоемкость воды 1 ккал/кг °С;

$K_3 = (1,1 - 1,3)$  - коэффициент запаса на теплотери.

Электрическая мощность нагревателя

$$P = \frac{W}{860 \times \eta}, \text{ кВт}, \quad /56/$$

здесь  $\eta = 0,88$  для электродных котлов.

**НАГРЕВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ.** Этот способ используется там, где имеется постоянный источник теплоносителя. Теплопередача от теплоносителя к подогреваемой воде осуществляется с помощью скоростных водо-водяных теплообменников, выпускаемых по ОСТ 34-588-68. Устройство водо-водяного нагревателя приведено на рис.30. В корпусе 1 размещен пучок латунных нагревательных трубок 2 диаметром 16 мм, латунные трубки свальцованы в отверстия трубных решеток 3, соединенных фланцами 4 с корпусом нагревателя. Секции подогревателя 1 и 11 соединены перемычкой 6, объединяющей внутренние пространства корпусов этих секций. Вход и выход из внутреннего пространства секции через патрубки 5 и 8. Торцы секций соединены калачом 7, на свободных концах секции установлены патрубки 9 и 10.

Теплоноситель поступает в корпус первой секции подогревателя, затем по перемычке 6 поступает в корпус второй секции и возвращается в систему теплоснабжения. Холодная вода попадает через патрубок 9 в трубки второй секции, по калачу проходит в трубки первой секции и поступает из патрубка 10 нагретой до нужной температуры.

Водо-водяные подогреватели по ОСТ 34-588-68 выпускаются секциями, из которых набирают теплообменник, собирая секции с помощью калачей последовательно или параллельно. Секции выпускаются двух длин: с трубками 2000 мм и 4000 мм, с внутренним диаметром корпуса от 50 до 512 мм.

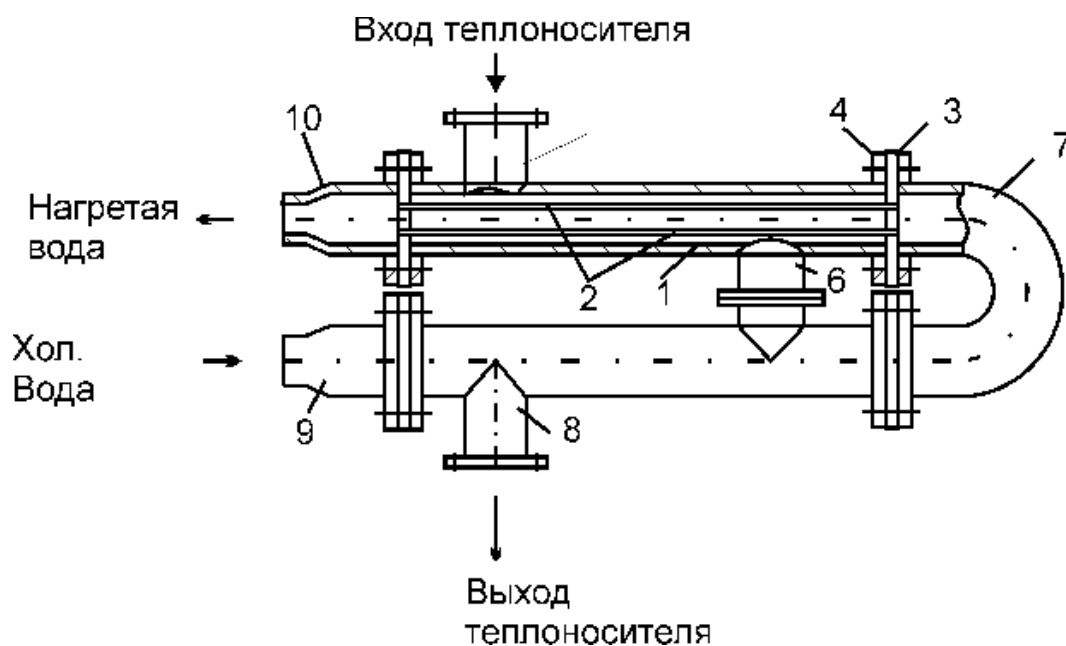


Рис.30. Водо-водяной подогреватель: 1 - корпус; 2 - трубки; 3 - трубные решетки; 4 - фланцы; 5 - патрубки ввода теплоносителя; 6 - перемычка; 7 - калач; 8 - патрубок ввода теплоносителя; 9 - 10 - патрубки для воды.

С увеличением диаметра корпуса секции увеличивается число трубок в корпусе от 4 до 450 шт. Технические данные водо-водяных подогревателей, наиболее часто применяемых в рыбоводных установках, приведены в табл.39.

Таблица 39

*Технические данные водо-водяных подогревателей по ОСТ 24-588-68*

| Обозначения | Длина трубок, мм | Внутренн. диаметр корпуса, мм | Площадь поверхн. теплопередачи, м <sup>2</sup> | Число трубок, шт | Площадь живого сечения, м <sup>2</sup> |                    |
|-------------|------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------|--------------------|
|             |                  |                               |                                                |                  | Межтрубного пространства               | Одного хода трубок |
| 01          | 2000             | 50                            | 0,37                                           | 4                | 0,0016                                 | 0,00062            |
| 02          | 4000             | 50                            | 0,75                                           | 4                | 0,0016                                 | 0,00062            |
| 03          | 2000             | 69                            | 0,65                                           | 7                | 0,00233                                | 0,00108            |
| 04          | 4000             | 69                            | 1,31                                           | 7                | 0,00233                                | 0,00108            |
| 05          | 2000             | 82                            | 1,11                                           | 12               | 0,00287                                | 0,00185            |
| 06          | 4000             | 82                            | 2,24                                           | 12               | 0,00287                                | 0,00185            |
| 07          | 2000             | 106                           | 1,76                                           | 19               | 0,005                                  | 0,00293            |
| 08          | 4000             | 106                           | 3,54                                           | 19               | 0,005                                  | 0,00293            |
| 09          | 2000             | 158                           | 3,4                                            | 37               | 0,0122                                 | 0,0057             |
| 10          | 4000             | 158                           | 6,9                                            | 37               | 0,0122                                 | 0,0057             |

Водо-водяные нагреватели могут включаться в цепь подачи подпиточной воды или в цепь циркуляции технологической воды по схеме, изображенной на рис.31. При такой схеме включения через теплообменник пропускается 2 - 3% от общего расхода циркулирующей воды. Регулирование подачи теплоносителя осуществляется по температуре тех-

нологической воды. Если фактическое значение температуры ниже заданного, то теплоноситель поступает в рубашку теплообменника, если температура выше заданной, то поступление теплоносителя прекращается.

Особенностью работы подогревателя, включенного в цепь циркуляции технологической воды, является подбор скорости движения технологической воды в трубках, которая исключает зарастание трубок биопленкой. Эта скорость должна быть не менее 1,5 м/сек.

Расчет теплообменника сводится к определению площади нагрева и потерь напора в зависимости от заданного расхода тепла. Исходными данными для расчета являются: расход тепла  $Q$ , ккал/час; начальная и конечная температуры, греющей и нагреваемой воды и данные, выбранного предварительно номера теплообменника. Результирующая формула расчета поверхности теплоотдачи

$$F = \frac{Q}{\mu \times k \times \Delta t_{\text{ср}}}, \text{ м}^2, \quad /57/$$

здесь  $\mu = (0,75 - 0,85)$  - учитывается накипь;

$k$  - коэффициент теплопередачи, рассчитанный по исходным данным, ккал/м<sup>2</sup>.час.°C;

$\Delta t_{\text{ср}}$  - расчетное значение, зависящее от исходных данных (начальное и конечное значения температур теплоносителя и нагреваемой воды).

Потери давления в секциях пропорциональны длине секции, количеству трубок  $n$  и в квадрате зависят от скорости воды в трубках  $v_{\text{тр}}$

$$\Delta h_{\text{тр}} = A \times v_{\text{тр}}^2 \times n, \text{ кг/см}^2, \quad /58/$$

здесь  $A = 0,75$  для трубок длиной 4000 мм и 0,048 для - 2000 мм.

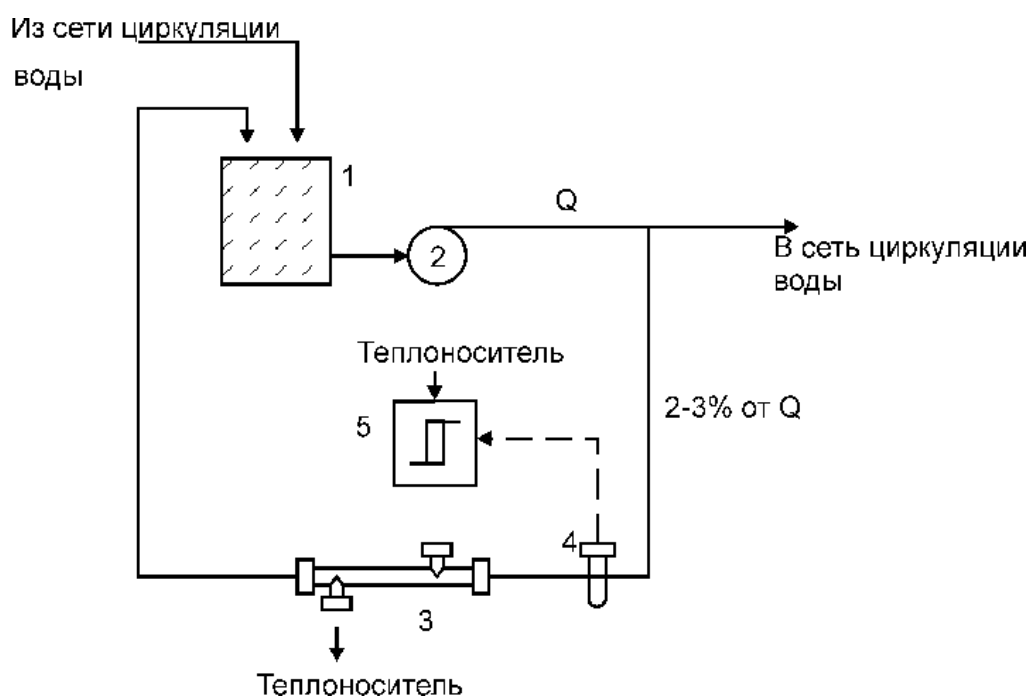


Рис.31. Схема включения теплообменника в цепь циркуляции технологической воды: 1 - накопительный бак; 2 - циркуляционный насос; 3 - теплообменник; 4 - датчик температуры; 5 - регулятор температуры.

**НАГРЕВ ПАРОМ.** Нагрев паром используется на рыбоводных установках, приближенных к источникам пара. Чаще всего это бывает на предприятиях металлургического ком-

плекса. Подогрев осуществляется подачей острого пара непосредственно в воду в накопительном баке перед циркуляционным насосом. Подача пара в других точках системы циркуляции воды может вызвать нежелательные последствия - местный перегрев воды, отрицательно влияющий на рыбу и микрофлору биофилтра.

**НАГРЕВ ОТОПИТЕЛЬНЫМ ГАЗОМ И ДРУГИМИ ВИДАМИ УГЛЕРОДНОГО ТОПЛИВА.** Традиционное использование отопительного газа и других видов углеродного топлива (мазут, дрова, отходы деревообработки, солома сельскохозяйственных культур) производится с помощью водогрейных котлов. Для небольших предприятий и индивидуальных домов выпускаются малометражные водогрейные котлы, рассчитанные на давление до 2 кг/см<sup>2</sup> и температуру до 90 °С. Котлы работают на естественной тяге через дымовую трубу.

Чугунные водогрейные котлы КЧМ-2 в зависимости от количества секций (от 4 до 10 секций) имеют тепловую мощность от 17100 ккал/час до 45400 ккал/час.

Стальные водогрейные котлы КВ (ТС) имеют тепловую мощность от 10000 до 15100 ккал/час. Список марок выпускаемых промышленностью маломерных водогрейных котлов не ограничивается двумя, приведенными выше марками.

Для подогрева подпиточной воды рыбоводных установок могут быть использованы малогабаритные проточные газовые нагреватели марок ВПГ-18, ВПГ-25 и ВПГ-20, выпускаемые по ГОСТ 19910-74. Газовые водонагреватели имеют автоматическую блокировку горения основной горелки с пламенем запальника и протоком воды. При не горящем запальнике и отсутствии протока воды газ на основную горелку не поступает. Тепловая мощность аппарата зависит от его модификации: ВПГ-18 - 18 кВт или 15500 ккал/час, ВПГ-20 - 20 кВт или 17200 ккал/час, ВПГ-25 - 29 кВт или 25000 ккал/час. Простота обслуживания и надежность аппаратов обеспечили их широкое применение в быту.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.** В практике рыбоводства солнечная энергия аккумулируется двумя традиционными способами: путем устройства теплиц для размещения рыбоводной установки и путем предварительного подогрева подпиточной воды прямыми лучами солнца. Во втором случае емкость с холодной водой окрашивается в темный (черный) цвет и размещается под прямыми лучами солнца. Один из вариантов размещения емкости - в теплице. Этот способ нагрева страдает серьезным недостатком - емкость с холодной водой в теплом помещении отпотевает с образованием обильного конденсата. Отсутствие регулирования процесса нагрева также очевидный недостаток.

Схема нагрева воды солнечными лучами, изображенная на рис.32, лишена этих недостатков. Емкость для воды 1 покрывается теплоизоляцией 2, препятствующей образованию конденсата. На трубопроводе подачи холодной воды 3 устанавливается поплавковый регулятор уровня 4. Из нижней части емкости выведен трубопровод 5, соединенный с приемником солнечных лучей 6, который размещается в теплоизолированном ящике 7 со стеклянной крышкой 8. Вывод нагретой воды в емкость осуществляется по трубопроводу 9.

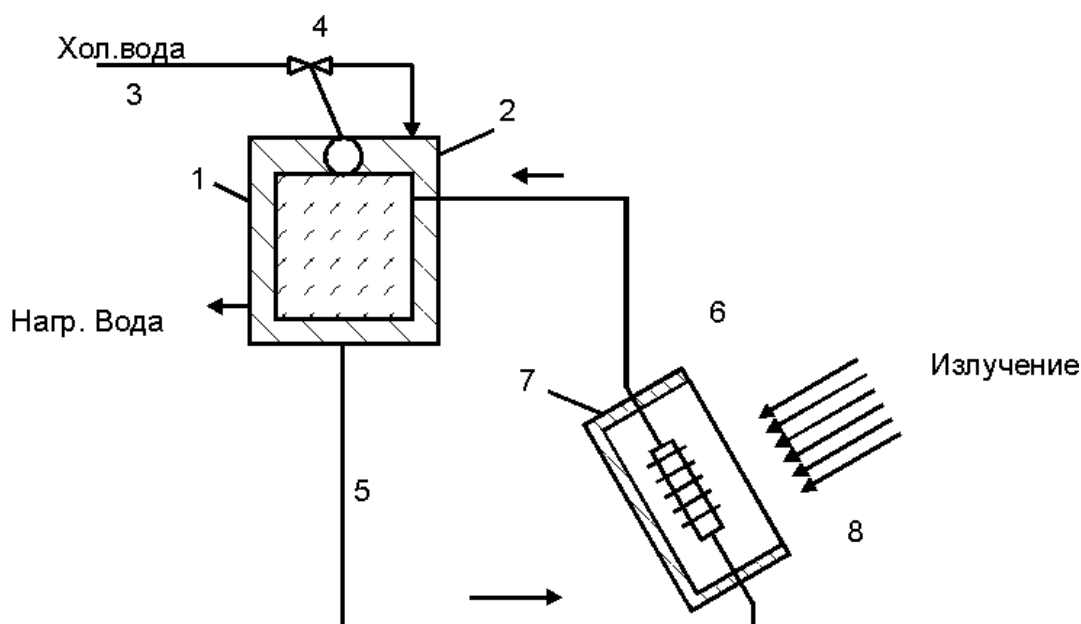


Рис.32. Схема нагрева воды солнечным излучением: 1 - емкость для воды; 2 - теплоизоляция; 3 - трубопровод холодной воды; 4 - поплавковый регулятор уровня; 5 - трубопровод подачи воды на нагрев; 6 - приемник солнечных лучей; 7 - теплоизолированный ящик; 8 - стеклянная крышка.

Схема работает следующим образом. Холодная вода, в силу большей плотности по сравнению с подогретой водой, опускается по трубе 5 в теплоприемник 6, нагревается и поднимается по трубопроводу 9. Наличие изолированного ящика со стеклянной крышкой обеспечивает парниковый эффект вокруг теплоприемника 6. Автоматическое поддержание уровня воды в емкости обеспечивает непрерывность циркуляции воды между емкостью и теплоприемником.

Эффективность отбора тепла зависит от скорости циркуляции воды, которая, в свою очередь, пропорциональна геометрической разности высот емкости и теплоприемника. Переориентация теплоприемника относительно положения солнца в течение дня повышает эффективность устройства.

В качестве приемника могут быть использованы типовые отопительные радиаторы из чугуна и стали.

Заслуживает внимания опыт использования теплиц для выращивания молоди карпа и растительноядных рыб в небольших личиночных прудах. В прудах, накрытых пленочной теплицей, вегетационный период увеличивается на 2 - 4 недели (Московская обл.). Температура воды и другие условия выращивания личинок карпа позволяют в конце сезона получить сеголеток в 1,5 - 2 раза большей массы и увеличить их выживаемость на 11%. Дальнейшее развитие рыбы, выращенной в пруду, накрытом теплицей, отмечено высокими показателями.

В рыбоводстве наряду с каркасными теплицами используются теплицы в виде плавающих баллонов, покрывающих всю поверхность пруда. Баллоны изготавливаются из полиэтиленового пленочного рукава, в который закачивается воздух, а концы герметически завязываются. Длина рукава более 20 м нежелательна, так как создается сильная парусность. Выбирая длину рукава можно покрыть пруд любой конфигурации. Концы баллонов закрепляются на берегу, а поперек баллонов протягиваются шнуры, удерживающие их при сильном ветре.

## АЭРАТОРЫ

Поддержание концентрации кислорода в воде является одной из основных задач в рыбоводстве. Дефицит кислорода в воде ощущается в трех случаях. Первый - дефицит кислорода в воде, поступающей из артезианских скважин, часто осложненный наличием в воде двухвалентного железа в концентрациях, превышающих ПДК. Второй - дефицит кислорода в бассейнах, возникающий вследствие потребления кислорода культивируемыми рыбами и микроорганизмами. Третий - дефицит кислорода в открытых водоемах, возникающий в ночное время вследствие потребления кислорода водными растениями, а также в зимнее время, когда, ледяной покров препятствует диффузии кислорода из воздуха в воду.

Один из способов насыщения воды кислородом - аэрация воды. Этот процесс осуществляется при атмосферном давлении, поэтому предел насыщения определяется равновесным насыщением (см. раздел "Качество воды"). Скорость перехода кислорода из воздуха в воду описывается как скорость изменения концентрации кислорода в воде  $dC/dt$ . Скорость перехода функционально зависит от площади контакта между водой и воздухом  $A$ , объемом воды и разницей между равновесной концентрацией кислорода в воде и ее практическим значением ( $C_p - C$ )

$$\frac{dC}{dt} = K_L \times \left( \frac{A}{V} \right) \times (C_p - C). \quad /59/$$

Здесь  $K_L$  - коэффициент переноса, зависящий от скорости диффузии кислорода через жидкостную пленку. С ростом температуры диффузия протекает активнее, поэтому значение  $K_L$  возрастает на 1,56% на каждый градус повышения температуры.

Скорость насыщения воды кислородом возрастает с увеличением площади контакта между водой и воздухом. А при спокойной поверхности воды насыщаются только верхние слои воды. Нижние слои воды могут получить кислород только в результате диффузии. Процесс диффузии кислорода в воде настолько незначителен, что без постоянного перемешивания эффект насыщения нижних слоев незначителен. Совмещение двух процессов - увеличение площади контакта и перемешивание воды дают требуемый эффект. Способы выполнения этих процессов описываются ниже.

В соответствии с уравнением 59 скорость насыщения объема воды обратно пропорциональна объему. Чем больше объем воды (глубина воды), тем больше времени требуется для насыщения нижних слоев. И, наоборот, чем тоньше слой воды контактирует с воздухом, тем быстрее насыщается кислородом весь объем воды.

Как отмечалось, предел насыщения воды кислородом за счет аэрации не превышает значения равновесной концентрации. На практике редко добиваются 100% насыщения воды, так как эффективность работы аэраторов резко падает при 90 - 95% насыщения.

На результаты аэрации влияют колебания атмосферного давления. Уровень равновесного насыщения поднимается с ростом давления воздуха над поверхностью воды. Это происходит в соответствии с законом Генри

$$C_p = k \times P, \quad /60/$$

где  $P$  - давление газа над жидкостью;

$k$  - коэффициент пропорциональности, выражающий зависимость растворимости газа в жидкости.

При подъеме давления воздуха над поверхностью воды увеличится не только равновесная концентрация кислорода, но также и атмосферного азота. Так как азот является нейтральным газом, он не потребляется водными организмами и при понижении давления

выделяется из воды мелкими пузырьками. Это явление оказывает на рыбу губительное воздействие уже при насыщении воды азотом на 10 - 15% (азотная эмболия). В результате колебания атмосферного давления азотная эмболия не наблюдается. Применение технических средств, обеспечивающих насыщение воды кислородом из сжатого воздуха, ограничено по описанным выше причинам.

Вопрос аэрации в рыбоводстве всегда был актуальным, это и определило то многообразие аэраторов, которые разработаны с использованием различных способов решения одной задачи: создание развитой поверхности контакта между водой и воздухом при одновременном перемешивании воды. Классификация аэраторов приведена на рис.33.

**КИНЕТИЧЕСКИЕ АЭРАТОРЫ** находят применение там, где имеется возможность создать перепад высот в течении воды. При подаче воды из артезианских скважин перепад высот создается за счет насоса, который, как правило, подает воду в градирню, где она распределяется любым из известных способов на мелкие струи и, стекая вниз, насыщается кислородом воздуха. Эффект насыщения в градирне может быть повышен за счет устройства вертикальных плоскостей из инертного материала. В этом случае вода стекает по плоскостям тонкой пленкой, в которой наблюдается турбулентное движение частиц, усиливающее обменные процессы.

Устройство в градирне нескольких горизонтальных перфорированных полок на пути падающих струй воды также усиливает эффект насыщения за счет перемешивания воды и удлинения времени контакта воды и воздуха.

Движение воды с перепадом высот может быть организовано по наклонной плоскости, например, по желобу со ступенчатым дном, усиливающим турбулентность движения воды. Вариантом ступенчатого аэратора можно считать желоб с отверстиями в дне. В этом случае часть воды проливается из отверстий вертикально.

Устройство на пути движущейся струи воды лопастного колеса или круглой щетки, приводимых в движение струей воды, позволяет усилить эффект насыщения за счет разбрызгивания части воды.

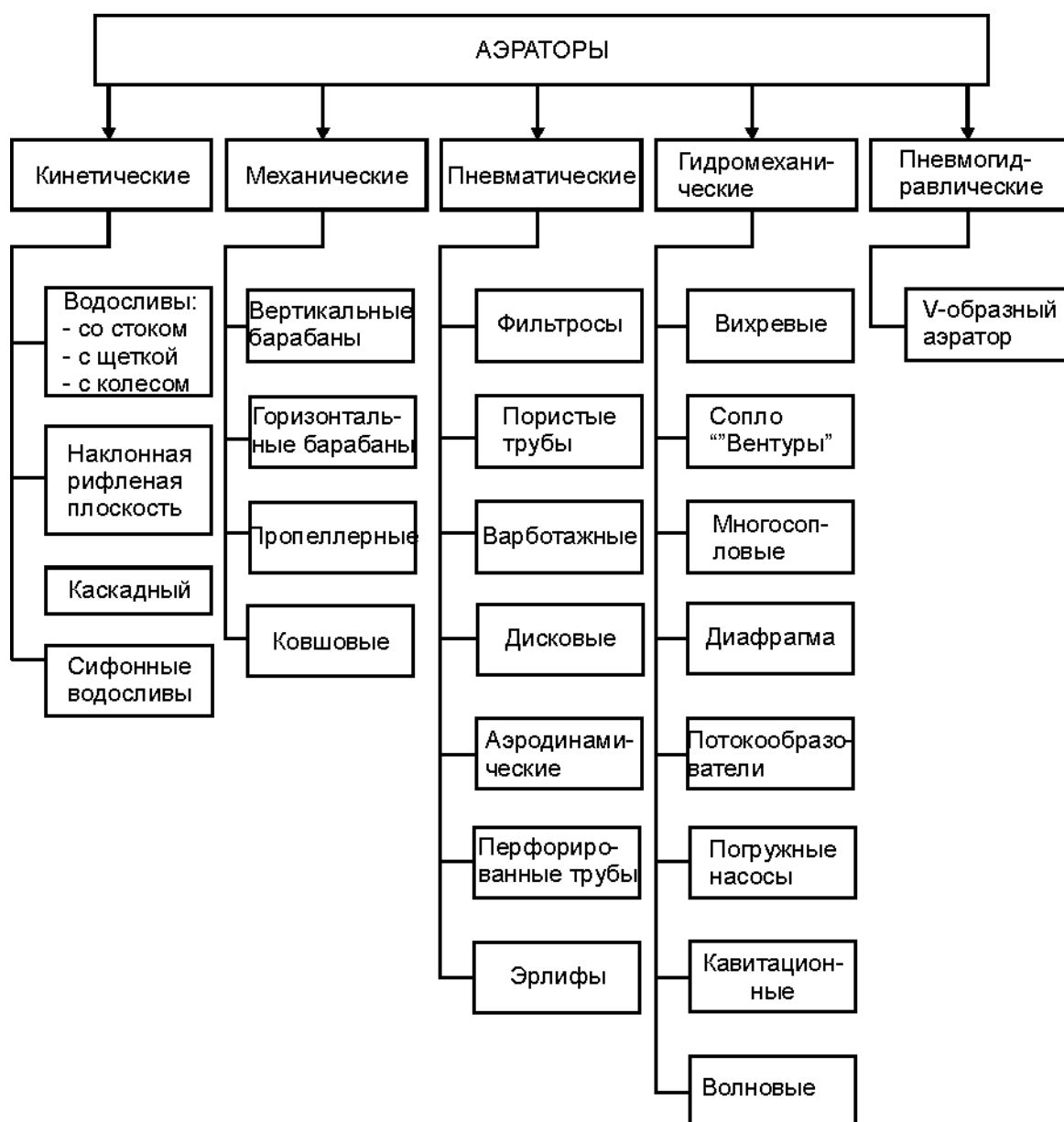


Рис.33. Классификация аэраторов.

Кинетические аэраторы находят применение и в замкнутых по воде рыбоводных установках. Например, капельный биологический фильтр с плоской и объемной загрузкой работает по принципу градирни, выполняя одновременно две задачи: очистку воды и насыщение ее кислородом воздуха. В замкнутых рыбоводных установках с небольшой плотностью посадки рыбы ( $2 - 10 \text{ кг/м}^3$ ) используются кинетические аэраторы. Перепад высот создается за счет циркуляционного насоса установки.

Кинетические аэраторы проектируются применительно к задачам конкретной рыбоводной установки, серийно их не изготавливают.

**МЕХАНИЧЕСКИЕ АЭРАТОРЫ** используются для аэрирования воды в прудах и бассейнах с низкой плотностью содержания рыбы. Площадь контакта вода/воздух увеличивается за счет разбрызгивания воды над поверхностью и перемешивания воды. Рабочим органом механического аэратора служит колесо с лопастями или вращающиеся щетки, которые приводятся в движение каким-либо двигателем, чаще электродвигателем. Механиче-

ские аэраторы выпускаются промышленностью, например, механический аэратор с горизонтальным барабаном «Ерш», пропеллерный аэратор "Винт".

Оба аэратора предназначены для водоемов площадью до 100 га, глубиной не менее 1 м. Аэраторы устанавливаются на понтонах и оснащаются электродвигателями. Аэратор "Ерш" оснащен двигателем мощностью 11 кВт, имеет массу 1100 кг. Производительность этого агрегата по кислороду составляет 12 кг  $O_2$ /час при условии нулевой исходной концентрации кислорода в воде. Удельная производительность агрегата 1,15 кг $O_2$ /квт.ч

Пропеллерный аэратор "Винт" имеет абсолютную производительность по кислороду 7,2 кг/час, удельную - 1,2 кг $O_2$ /квт.ч, массу 330 кг.

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ АЭРАТОРЫ.** Широко используются в рыбоводстве, особенно для аэрации воды в небольших рыбоводных установках и аквариумах, Принцип действия пневматического аэратора заключается в распылении пузырьков воздуха в толще воды, за счет чего создается развитая поверхность контакта вода/воздух и осуществляется перемешивание воды. Главная проблема пневматических аэраторов - создание мелких пузырьков воздуха в воде. Использование фильтросных пластин и труб дает желаемый результат на весьма непродолжительное время. Помещенные в технологическую воду рыбоводных установок мелкопористые фильтросные камни, как и все, что находится в этой воде, обрастают биологической пленкой, которая в конечном итоге наглухо закрывает выход сжатого воздуха. Это обстоятельство ограничивает применение фильтросов в индустриальном рыбоводстве.

Образование мелких пузырьков с помощью перфорированных труб применяется повсеместно. Отверстия в трубах выполняются диаметром 1 - 5 мм, что позволяет избежать зарастания отверстий, так как сжатый воздух срывает биопленку на краях. Перфорированные трубы укладываются в бассейны в качестве как штатных, так и аварийных аэраторов. Аварийные аэраторы включаются только тогда, когда не справляется или выходит из строя основной источник поставки кислорода. При создании эрлифтов, совмещающих функции насоса и аэратора, используются только перфорированные трубы. Перфорированные трубы используются также для барботирования воздухом сыпучих плавающих грузов биологических и механических фильтров и как элемент установок дегазации воды.

Для аэрации прудов площадью до 5 га и глубиной до 4 м разработан пневматический аэратор "Лотос", в состав которого входит передвижной малогабаритный компрессор типа СО-7А, приводимый в действие электродвигателем или двигателем внутреннего сгорания мощностью 4 кВт. Производительность компрессора до 500 л воздуха в мин. Компрессор снабжается маслоуловителем, магистральным трубопроводом сжатого воздуха и набором аэрационных блоков (6 шт. на компрессор) (рис.34). Аэрационный блок состоит из гибкого шланга для подачи воздуха 1, трубы диаметром 90 мм и длиной 1,5-2 м 2, в верхней части трубы закреплен пенопластовый поплавок 3, в нижнем конце трубы закреплен распылитель воздуха 4, на выходе из трубы сверху устанавливается лопаточный завихритель потока 5.

Эффект насыщения воды кислородом достигается следующим образом. Образующаяся в трубе водовоздушная смесь движется вертикально вверх. Лопаточный завихритель потока придает смеси вращательное движение, благодаря которому поток разбрызгивается на капли. Эффект использования сжатого воздуха усиливается за счет контактирования капель воды с атмосферным воздухом.

Производительность одного эрлифта по воде достигает 500 л/мин или 30 м<sup>3</sup>/час. Площадь наиболее эффективной работы комплекта из 6 эрлифтов - 1,5 га пруда. Устройство типа "Лотос" надежно защищает пруд от летних ночных заморов. Возможно использование устройства в зимнее время путем установки в проруби достаточного размера.

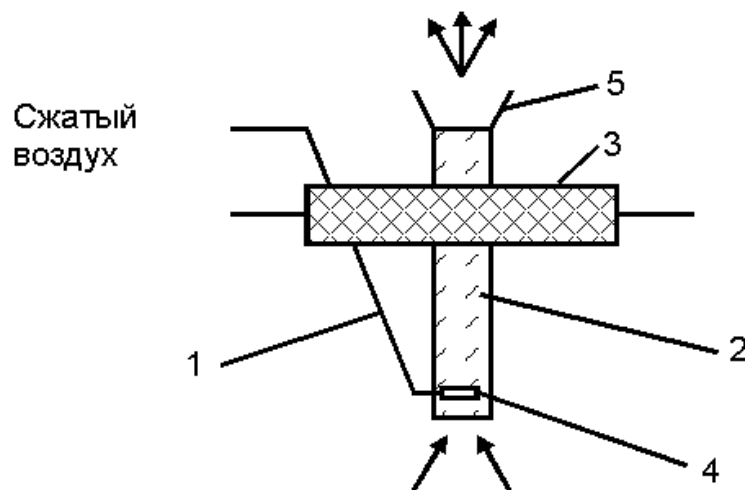


Рис.34. Устройство эрлифта «Лотос»: 1 - шланг для воздуха; 2 - труба; 3 - поплавок; 4 - распылитель воздуха; 5 - лопаточный завихритель потока.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ АЭРАТОРЫ работают с образованием потока жидкости, в который засасывается или подается под давлением атмосферный воздух. Наиболее характерной деталью гидромеханических аэраторов является эжектор (рис.35). Эжектор состоит из патрубка подачи воды под давлением 1, сопла 2, патрубка для подачи воздуха 3, камеры смешения 4.

Поток воды, сжимаемый соплом, расширяется в камере смешения с образованием зоны пониженного давления. Благодаря пониженному давлению в камеру смешения подсасывается воздух (или подается под давлением), который смешивается с водой. В зоне смешивания создается сильная турбулентность, благодаря которой происходит мгновенное поглощение кислорода.

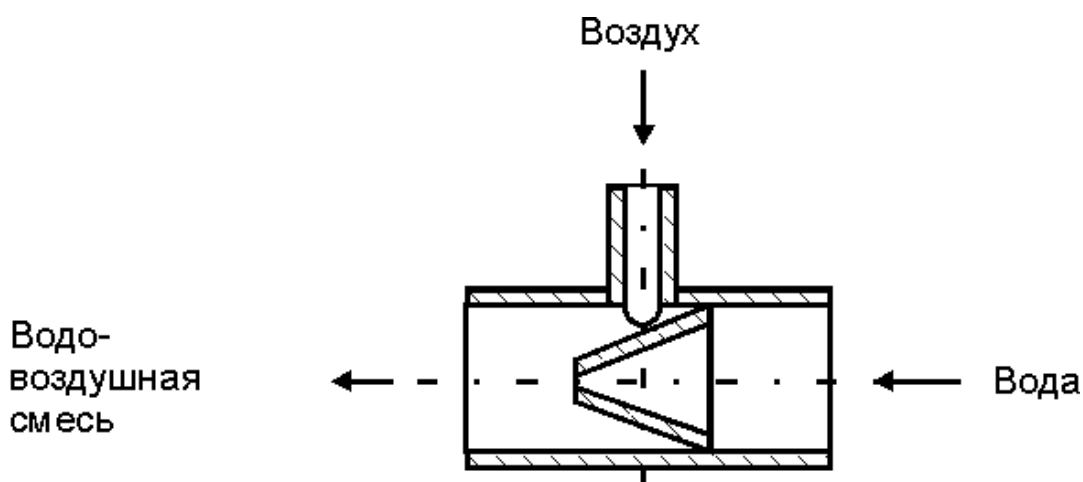


Рис.35. Эжектор: 1 - патрубок для воды; 2 - сопло; 3 - патрубок для воздуха; 4 - камера смешения.

Серийный аэратор "Стрела-4" создан с использованием принципа эжекции. В этом аэраторе насосом 2К6 создается напор от 25 до 34,5 м при расходе воды 10 - 30 м<sup>3</sup>/час. Мощность электродвигателя 4 кВт. Все оборудование крепится на понтоне и имеет массу 360 кг.

Более мощная установка, обслуживающая значительные водные объекты - "Стрела-66", имеет мощность двигателя 66 кВт, устанавливается на катамаран и имеет производительность по воде 108 - 504 м<sup>3</sup>/час, по воздуху 100 - 500 м<sup>3</sup>/час. Масса установки 4100 кг.

Для аэрации небольших прудов и бассейнов с низкой плотностью содержания рыбы применяется кавитационный гидромеханический аэратор С-16 (рис.36). Рабочим органом аэратора служит ротор 1, на котором по периферии выполнены зубья в форме прямоугольного треугольника с соотношением катетов 1:2. Длинная кромка зуба выполнена с прогибом по толщине. Воздух подводится к ротору по кожуху 2. Ротор насажен на вал 3, приводимый во вращательное движение электродвигателем 4.

При вращении периферии ротора со скоростью 12 - 20 м/сек в основании каждого зуба ротора создается вакуум, в результате чего в воду подсасывается воздух. В связи с высокой скоростью вращения ротора на концах его зубьев происходит кавитация, то есть образование в воде пульсирующих пузырьков, которые обогащают воду кислородом. Производительность аэратора С-16 по кислороду, при нулевом его содержании в исходной воде и температуре +0,2 °С, составляет 1,9 кг/час. Установленная мощность двигателя 4 кВт. Масса аэратора 100 кг. Глубина погружения ротора не более 1 м, аэратор С-16 предназначен для крепления на бортах бассейнов и лотков. При использовании аэратора С-16 в прудах, его устанавливают на понтонах (аэрационная установка ИФВ).

ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ U-ОБРАЗНЫЙ АЭРАТОР представляет собой устройство, повышающее эффективность аэрации с помощью сжатого воздуха. Схема работы U-образного аэратора представлена на рис.37. Аэратор представляет собой U-образную трубу, через которую протекает вода. На входном конце трубы размещается диффузор, через который распыляется сжатый воздух. Расход воды по трубе регулируется таким образом, чтобы она была выше скорости подъема пузырьков в стоячей воде. Вода увлекает пузырьки воздуха, удлиняя их путь в воде и, соответственно, эффективность использования сжатого воздуха.

Опасность использования аэратора такого типа заключается в том, что с увеличением глубины трубы увеличивается пересыщение воды азотом воздуха, так как давление в нижней части трубы значительно отличается от атмосферного. В отечественной практике использование U-образных аэраторов неизвестно.

Оксигенаторы - приборы для пересыщения воды техническим кислородом. Если попытки получить пересыщение воды кислородом при использовании сжатого воздуха ведут к опасному пересыщению воды азотом, то использование чистого кислорода позволяет выполнить эту задачу без ущерба для рыбы. Чтобы представить процессы, происходящие в оксигенаторе, необходимо вспомнить закон Генри-Дальтона: "каждый газ растворяется в жидкости пропорционально его парциальному давлению в смеси газов"

$$C = K \times P \times p, \quad /61/$$

где С - концентрация газа в жидкости;

К - коэффициент пропорциональности, выражающий способность газа растворяться в жидкости;

Р - давление газа над жидкостью;

р - парциальное давление данного газа в смеси.

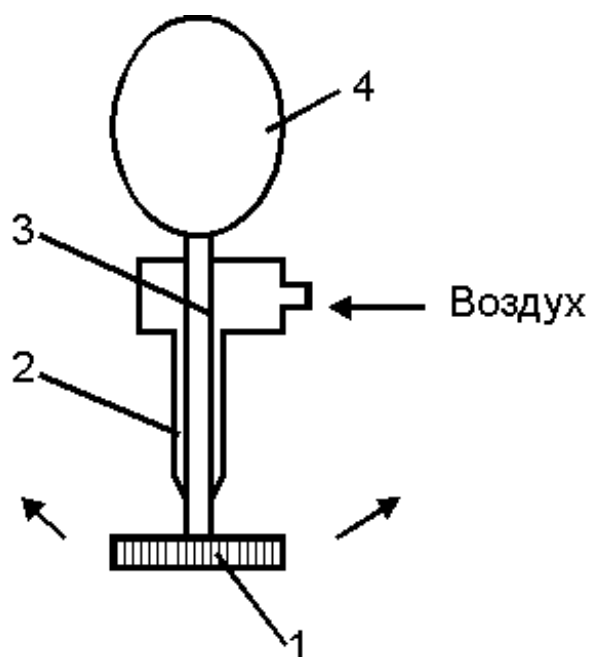


Рис.36. Устройство аэратора «С-16»: 1 - ротор с зубцами; 2 - кожух; 3 - вал; 4 - электродвигатель.

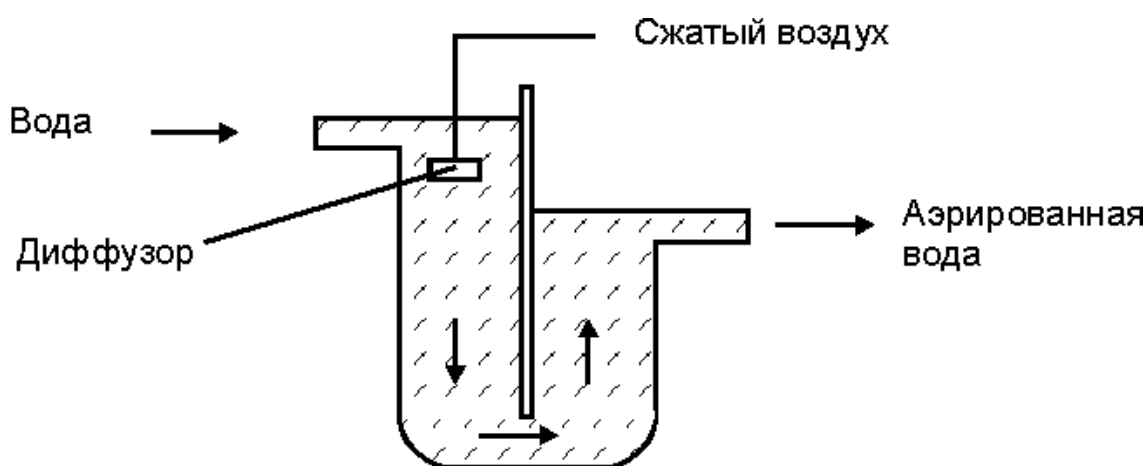


Рис.37. Схема U-образного аэратора.

## ОКСИГЕНАТОРЫ

Известно, что воздух является смесью газов, в которой содержится 21% кислорода. Если применить вместо воздуха технический кислород, в котором содержится около 95% кислорода, то в соответствии с уравнением 61 при давлении, равном атмосферному, равновесное насыщение воды вырастет в 4,5 раза за счет увеличения парциального давления кислорода. С увеличением давления смеси газов  $P$  произойдет дальнейший рост равновесного насыщения воды кислородом. При содержании азота в смеси газов на уровне 5% его

равновесное насыщение при атмосферном давлении снизится в 15,5 раз, что гарантирует его безопасную концентрацию в воде.

В основу работы оксигенатора положен принцип насыщения воды техническим кислородом при атмосферном или повышенном давлении. Получение концентраций кислорода в воде, равных 500% и более от равновесного насыщения, не представляет технических трудностей. Верхний предел насыщения кислородом ограничивается только соображениями целесообразности.

Перенасыщение воды кислородом решает ряд практических задач рыбоводства. Благодаря применению кислорода достигнуты значительные успехи в деле транспортировки на дальние расстояния живой икры, молоди и товарной рыбы, а также других водных объектов. В замкнутых системах благодаря оксигенации достигаются значительные плотности посадки рыбы 100 - 120 кг/м<sup>3</sup>, экономится энергия на циркуляцию воды, снижается расход свежей воды.

Весьма перспективно использование оксигенаторов при выращивании рыбы в садках, размещенных в сбросных каналах электростанций. При повышении летних температур в канале до 30 - 35 °С содержание кислорода в воде в ночные часы падает до 2 - 3 мг/л, что вызывает массовую гибель рыбы. Избежать этого возможно путем оксигенации воды с использованием технического кислорода.

В настоящее время разработано несколько конструкций оксигенаторов, изучены возможности их использования в практике рыбоводства, накоплен опыт, позволяющий совершенствовать эти аппараты. Из всего многообразия конструкций требованиям индустриального рыбоводства наиболее полно отвечают оксигенаторы типа оросительных колонн (рис.38). Эти оксигенаторы представляют собой вертикальные герметичные емкости. В верхнюю часть емкости, занятую газообразным кислородом, непрерывно подается вода, предназначенная для насыщения кислородом. Уровень равновесного насыщения воды кислородом в баллоне оксигенатора определяется суммой факторов: парциальным давлением кислорода в газовой подушке оксигенатора, давлением внутри сосуда, температурой и соленостью воды. Фактическое насыщение воды кислородом на выходе из оксигенатора практически всегда ниже равновесного насыщения, так как для достижения равновесного насыщения требуется более длительное время пребывания воды в оксигенаторе, что нецелесообразно.

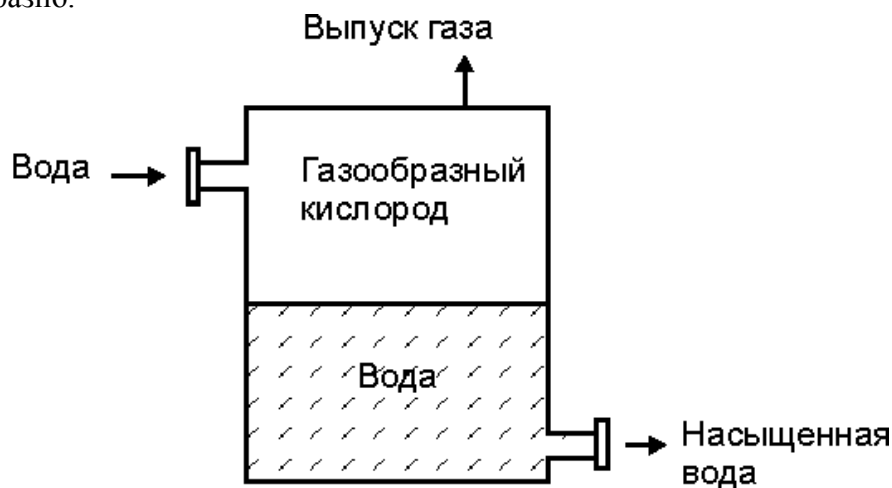


Рис.38. Схема оксигенатора в виде оросительной колонны.

Количественное содержание кислорода в газовой подушке оксигенатора изменяется в процессе функционирования. Если содержание кислорода в подаваемом в оксигенатор газе составляет 90 - 95%, то с течением времени содержание других газов в газовой подушке

оксигенатора увеличивается, снижая тем самым парциальное давление кислорода. Другие газы, главным образом азот, выделяются из проточной воды. Их выделение обусловлено все тем же законом Генри-Дальтона. Вода, насыщенная азотом и другими газами пропорционально их давлениям в атмосфере, попадает в емкость оксигенатора, где парциальное давление азота и других газов, кроме кислорода, незначительно. Разница парциальных давлений газа в воде и в газовой подушке создает условие для дегазации воды. Таким образом, происходит увеличение парциального давления азота в газовой подушке оксигенатора. Периодический выпуск части газовой подушки с заменой ее техническим кислородом называется вентиляцией. Вентиляция способствует поддержанию более высокого уровня концентрации кислорода в воде на выходе из оксигенатора.

Конструкция оксигенатора в первую очередь предусматривает решение проблемы создания в емкости достаточной поверхности контакта между водой и газом и достаточного времени контактирования, чтобы при минимальных энергетических затратах получить требуемый уровень концентрации кислорода в воде.

Проблема создания достаточного контакта между газом и водой решается тремя способами,

- 1 Путем использования разветвленной контактной поверхности, создаваемой инертным материалом, загружаемым в емкость;

- 2 Путем разделения потока воды на струи с помощью решеток с отверстиями.

- 3 Создание поверхности контакта за счет пузырей кислорода, распыляемого в воде.

Первый способ приемлем при чистой воде, исключаяющей выпадение осадка на контактной поверхности. Накопление осадка или грязи требует мероприятий по их удалению, что не всегда приемлемо в практике рыбоводства.

При использовании второго способа создания контактной поверхности - газ/вода, накопление грязи и механических примесей не создает проблемы при эксплуатации, но в меньшей степени, чем в оксигенаторах с загрузкой инертным материалом. В оксигенаторах, построенных как струйные, процесс насыщения идет как за счет разделения потока на струи, так и за счет появления пузырей кислорода при падении струй на поверхность воды.

Типовая схема системы водоснабжения рыбоводных бассейнов, с использованием оксигенатора конструкции И.В.Проскуренко, приведена на рис.39. Подача воды в оксигенатор осуществляется под избыточным давлением, создаваемым либо насосом, как на рис.39, либо с помощью напорной емкости. Избыточное давление в емкости оксигенатора необходимо для повышения до необходимого уровня концентрации кислорода на выходе из оксигенатора. Сама конструкция оксигенатора не создает значительного гидравлического сопротивления, поэтому на выходе из него устанавливается вентиль подпора ВП.

Снижение концентрации кислорода в воде на выходе из оксигенатора достигается с помощью отпирания вентиля обвода ВО, либо путем снижения давления в емкости оксигенатора при отпирании вентиля подпора ВП.

Стабильность поддержания концентрации кислорода на выходе зависит от стабильности высоты газовой подушки в баллоне оксигенатора. В процессе работы оксигенатора высота газовой прослойки непрерывно уменьшается за счет потребления кислорода водой. Стабильность границы раздела газ/вода поддерживается автоматическим регулятором уровня РУ, который периодически открывает соленоидный вентиль СВ, установленный на трубопроводе подачи газообразного кислорода.

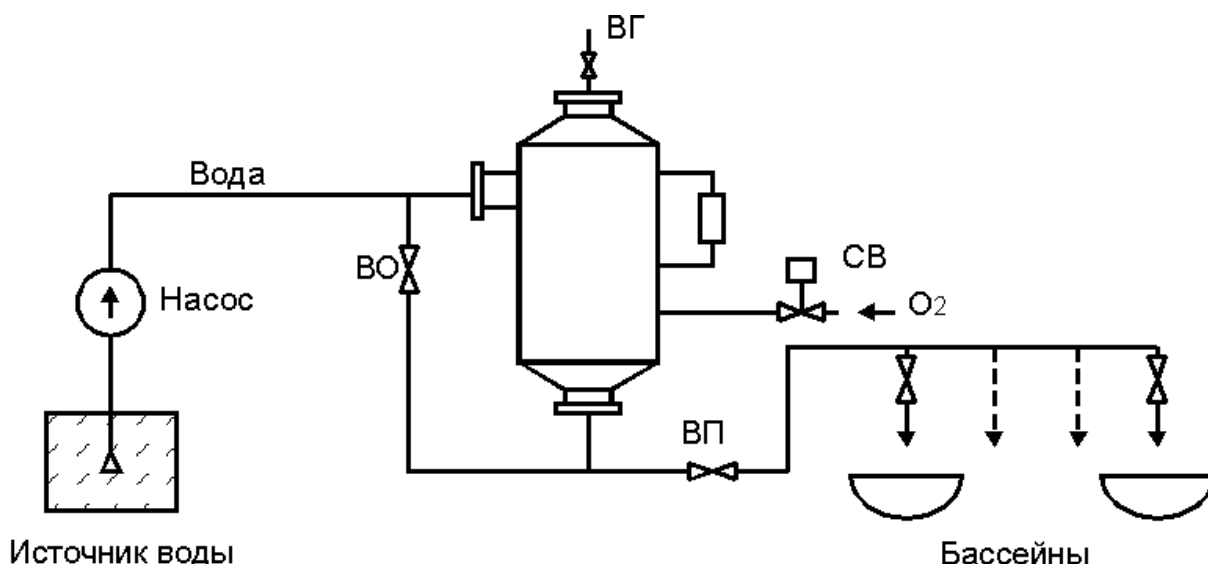


Рис.39. Типовая схема включения оксигенатора: РУ - регулятор уровня; СВ - соленоидный вентиль; ВГ - вентиль выпуска газа; ВО - вентиль обвода; ВП - вентиль подпора.

При открытом вентиле СВ порция кислорода поступает в емкость оксигенатора, снижая уровень воды до уровня срабатывания регулятора, по сигналу которого закрывается соленоидный вентиль. Давление газообразного кислорода должно превышать давление, создаваемое в емкости оксигенатора насосом, подающим воду. При использовании насосов с напором 20 м давление кислорода должно быть в пределах 0,3 - 0,4 МПа.

В верхней части баллона оксигенатора устанавливается вентиль ВГ, используемый при запуске оксигенатора и для его продувки в процессе работы. При стабильных условиях работы достаточно однократно запустить оксигенатор в действие и контролировать периодически концентрацию кислорода в бассейне. Работа оксигенатора автоматизирована. Нестабильность работы может быть вызвана внешними причинами: отсутствием или изменением протока воды, падением давления кислорода, захватом воздуха насосом. Воздух, захваченный насосом, накапливаясь в оксигенаторе, снижает парциальное давление кислорода, что способствует снижению концентрации кислорода на выходе.

Подача в бассейны воды, пересыщенной кислородом, выполняется под поверхность воды. Это позволяет избежать нерациональных потерь кислорода из-за его диффузии в воздух. Вода в бассейне быстро перемешивается, нивелируя зоны с повышенной концентрацией кислорода.

Использование оксигенаторов в рыбоводных хозяйствах связано с наличием источников технического кислорода, которые условно можно разделить на четыре категории:

- 1 Внутрихозяйственные системы централизованного снабжения кислородом;
- 2 Снабжение кислородом путем доставки его в баллонах и реципиентах;
- 3 Снабжение жидким кислородом с последующей его газификацией в газификаторах на месте использования;
- 4 Получение газообразного кислорода на месте использования с помощью установок, работающих по принципу молекулярного сита.

Все четыре варианта получения технического кислорода нашли свое применение на практике. Выбор варианта зависит от технических условий проектирования рыбоводного хозяйства и, если существует выбор, от технико-экономической целесообразности. С точки зрения простоты обслуживания, надежности и безопасности на первом месте стоят установки с молекулярным разделением воздуха на кислород и азот.

Опыт практической работы с оксигенаторами на установках с замкнутым циклом водоснабжения позволил классифицировать причины отказов оксигенаторов и разработать конструкцию, максимально отвечающую требованиям рыбоводного процесса. В этой конструкции сведена к минимуму возможность сбоя работы оксигенатора за счет накопления мусора и грязи. При конструировании учтена также степень безопасности прибора. Объем и давление в емкости оксигенаторов разных типоразмеров подобраны таким образом, чтобы сосуд не подлежал регистрации в органах котлонадзора, а только регистрации предприятием, осуществляющим его эксплуатацию.

Разработана серия оксигенаторов, перекрывающая потребности по расходу воды от 15 до 1000 м<sup>3</sup>/час. Аппараты поставляются как готовые изделия, оснащенные приборами автоматического управления и устанавливаемые на собственные опоры без подготовки фундамента (табл.40).

Таблица 40

Паспортные данные оксигенаторов

| Типоразмер | Производительность по воде, м <sup>3</sup> /час | Производительность по кислороду при насыщ. до 50 мг/л, кг/час | Проходное сечение подводящ. и отводящ. трубопроводов, мм | Габариты, мм |        |        | Масса, кг |
|------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------|--------|--------|-----------|
|            |                                                 |                                                               |                                                          | Длина        | Ширина | Высота |           |
| 01         | 15                                              | 0,75                                                          | 100                                                      | 865          | 568    | 2140   | 210       |
| 02         | 25                                              | 1,25                                                          | 100                                                      | 865          | 568    | 2140   | 210       |
| 03         | 40                                              | 2,0                                                           | 100                                                      | 865          | 568    | 2140   | 210       |
| 04         | 60                                              | 3,0                                                           | 150                                                      | 1460         | 1250   | 2190   | 838       |
| 05         | 80                                              | 4,0                                                           | 150                                                      | 1460         | 1250   | 2190   | 838       |
| 06         | 120                                             | 6,0                                                           | 150                                                      | 1460         | 1250   | 2190   | 838       |
| 07         | 160                                             | 8,0                                                           | 150                                                      | 1460         | 1250   | 2190   | 838       |
| 08         | 200                                             | 10,0                                                          | 200                                                      | 1460         | 1250   | 2190   | 900       |
| 09         | 250                                             | 12,5                                                          | 200                                                      | 1460         | 1250   | 2190   | 900       |
| 10         | от 400 до 1000                                  | 45,0                                                          | 400                                                      | 2700         | 2300   | 3400   | 1640      |

Устройство оксигенаторов производительностью от 15 до 250 м<sup>3</sup>/час приведено на рис.40, оксигенаторов производительностью от 400 до 1000 м<sup>3</sup>/час - на рис.41.

ВЫБОР ОКСИГЕНАТОРА производится по трем параметрам: требуемая производительность оксигенатора по кислороду, кг О<sub>2</sub>/час, температура воды, °С и напор воды, создаваемый на входе в оксигенатор, кг/см<sup>2</sup>. Концентрация кислорода в пресной воде на выходе оксигенатора данной конструкции в функции давления в корпусе оксигенатора и температуры воды приведена в виде графиков на рис.42.

Решение задачи рассматривается на примере: в бассейне содержится рыба при температуре воды 25 °С, потребности которой в кислороде составляют G = 6 кг О<sub>2</sub>/час; напор воды в подводящем трубопроводе равен 10 м или 1 кг/см<sup>2</sup>.

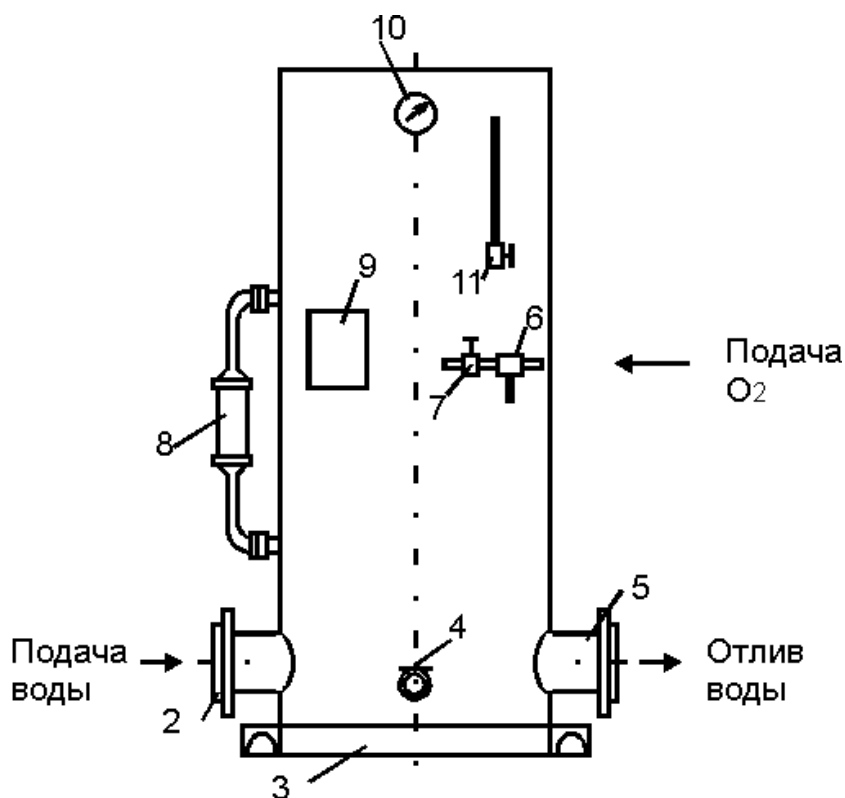


Рис.40. Устройство оксигенатора производительностью 250 м<sup>3</sup>/час: 1 - корпус; 2 - патрубок для подвода воды; 3 - основание; 4 - вентиль выпуска грязи; 5 - патрубок для отвода насыщенной воды; 6 - соленоидный клапан; 7 - вентиль на вводе кислорода; 8 - датчик регулятора уровня; 9 - блок управления регулятора уровня; 10 - манометр; 11 - вентиль выпуска газа.

Какой типоразмер оксигенатора нужно поставить на входе в бассейн?

Решение: принимаем напор в оксигенаторе равным 90% от напора в трубопроводе или 0,9 кг/см<sup>2</sup>. С помощью номограммы на рис.42 по давлению в оксигенаторе 0,9 кг/см<sup>2</sup> и температуре воды 25 °С находим значение концентрации кислорода на выходе из оксигенатора  $C = 0,045$  кг O<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>.

Потребность в расходе воды

$$Q = G / C = 6,0 / 0,045 = 133 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Выбираем ближайший типоразмер - 06.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

Под биологической фильтрацией понимается бактериальное превращение органических азотистых соединений в малотоксичные формы (см. раздел "Азотное загрязнение воды"). Полный цикл биологической фильтрации включает в себя три основных процесса: аммонификация, нитрификация и денитрификация. Первые два процесса протекают при интенсивном потреблении кислорода из аэробной (насыщенной кислородом) среды. Процесс денитрификации идет интенсивнее в среде, обедненной кислородом. Биологическая фильтрация в прудах и аквариумах при относительно низкой плотности содержания рыбы происходит непосредственно в объеме воды.

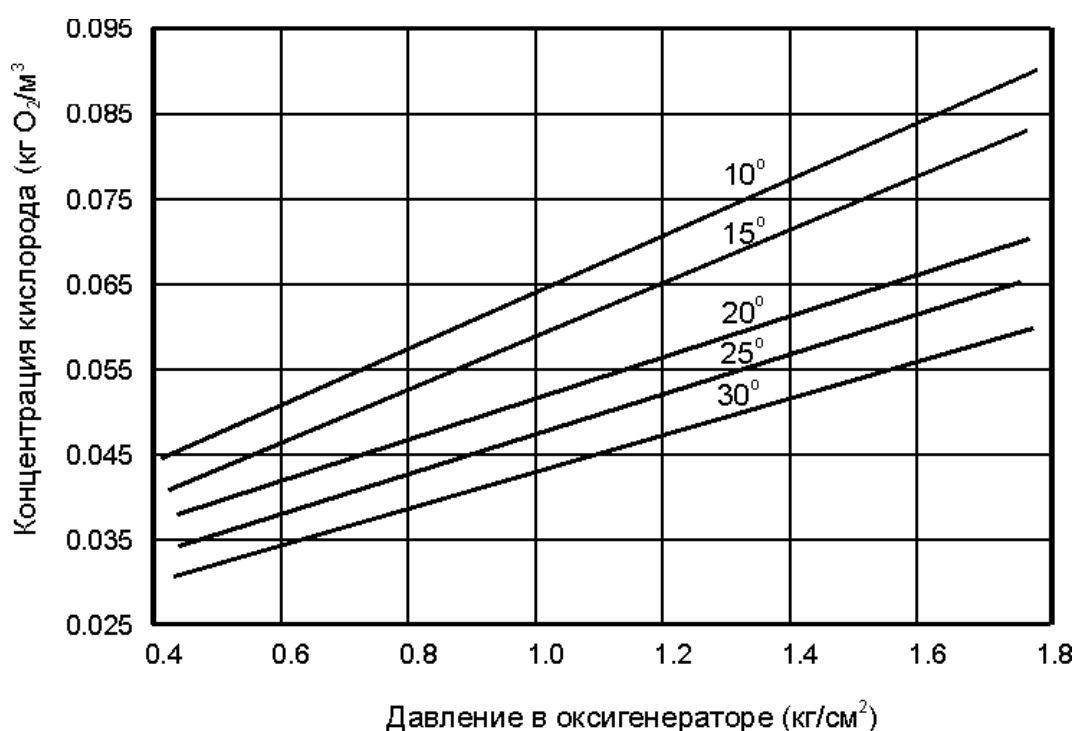


Рис.42. Номограмма: концентрация кислорода в воде на входе оксигенатора при нулевой входной концентрации в функции давления и температуры.

Нитрифицирующие и денитрифицирующие бактерии, находясь в толще воды, на стенках, в донном грунте совершают свою работу, не создавая значительной плотности колоний, так как численность клеток колонии прямо зависит от количества питания для них. Если рыбоводное хозяйство построено на принципе прямотока, а весь объем стока попадает в открытый водоем, то его воды принимают на себя всю биологическую нагрузку этого хозяйства.

В хозяйстве "Сходня" (Московская обл.) применение биологических прудов, работа которых основана на естественных биохимических процессах, потребовала соотношения объема пруда к объему рыбоводных бассейнов равным 100:1, при ежесуточной подпитке системы в размере 20% от объема воды в системе.

Процессы биологической фильтрации протекают в открытых водоемах экстенсивно и сильно зависят от погодных условий: температуры воды, скорости ветра, осадков.

С целью ускорения очистки рыбоводных стоков были применены аэротенки разных модификаций, разработанные для очистки городских стоков. Это емкости, в которых стоки усиленно аэрируются воздухом. При аэрации вода интенсивно перемешивается, что ускоряет процесс. Бактерии, участвующие в процессе очистки, создают в аэротенках биологический ил в виде мелких комочков. Поскольку в аэротенках ведется интенсивная аэрация, то наиболее активно в них идут процессы аммонификации и нитрификации. Завершение процесса биологической фильтрации в части денитрификации происходит вне аэротенка. Путем специальных усовершенствований удалось достичь соотношения объемов аэротенков к объему рыбоводных бассейнов от 19:1 до 3:1.

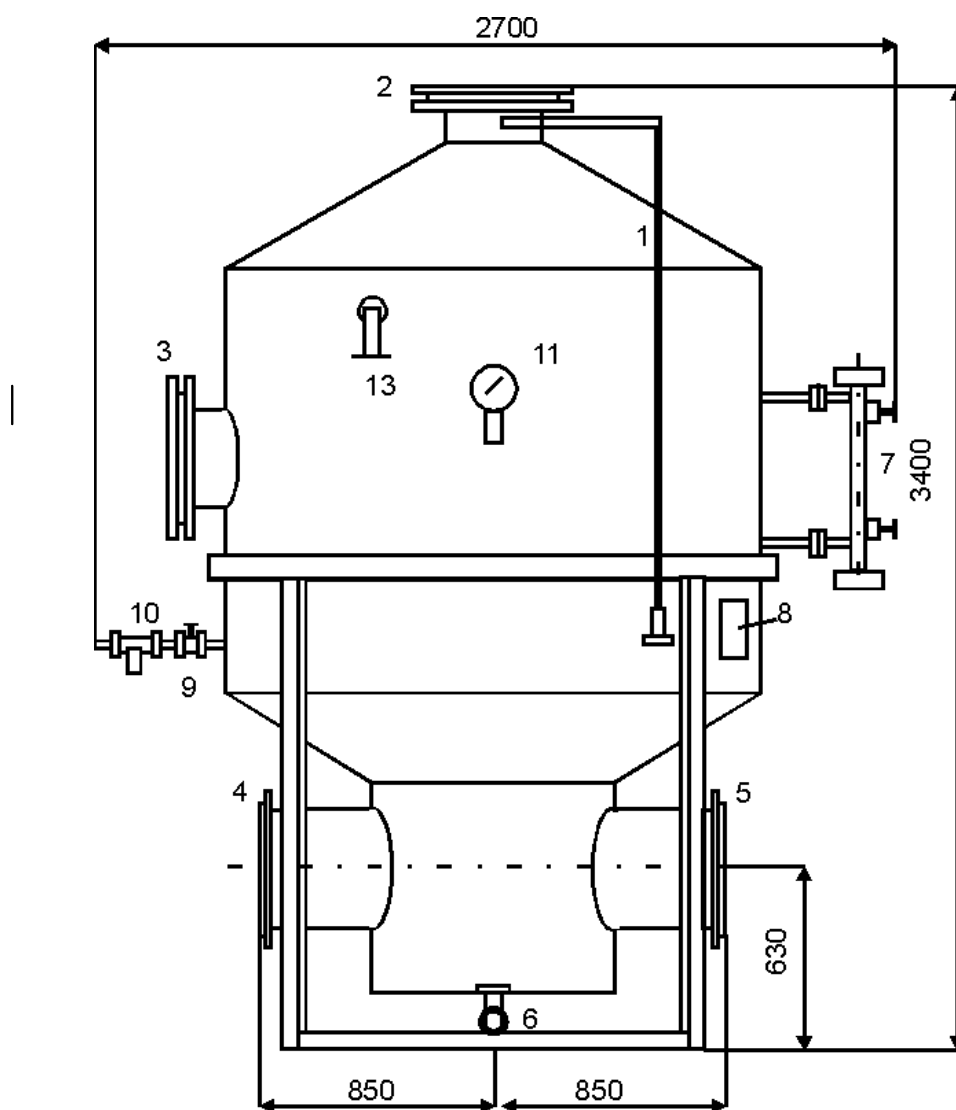


Рис.41. Устройство оксигенатора производительностью от 400 до 1000 м<sup>3</sup>/час: 1 - корпус; 2 - горловина; 3 - лаз; 4 - входной патрубок для воды; 5 - выходной патрубок для воды; 6 - выпуск шлков; 7 - колонка уровнемера; 8 - блок управления регуляторов уровня; 9 - вентиль на вводе кислорода; 10 - соленоидный клапан; 11- манометр; 12- выпуск газа; 13 - предохранительный клапан.

При эксплуатации азротенков большое внимание уделяется удержанию ила в рабочем состоянии. При залегании ила на дно сооружения или выносе его за пределы азротенка очистная способность сооружения падает, так как всю биологическую работу ведут бактерии, создающие этот ил.

Чтобы избежать неприятностей с подвижным илом для очистки стоков применяются сооружения, наполненные субстратом (инертным материалом, обладающим развитой поверхностью), на поверхность которого оседают бактерии. Осевшие бактерии создают многочисленные колонии, потребляющие загрязнения из омывающих их вод. Такие сооружения получили название биофильтры. Применение биофильтров для обработки рыбоводных загрязнений позволило достичь отношения объема очистных сооружений к объему рыбоводных бассейнов в пределах 2:1, 1:1.

Главным элементом биофильтра является субстрат или загрузка биофильтра. Субстрат оценивают по развитости его поверхности в рабочем состоянии, то есть в активной зоне биофильтра. Оценка ведется по удельной поверхности субстрата  $S_{уд}$  в  $м^2/м^3$ . Здесь  $м^2$  - поверхность, создаваемая субстратом,  $м^3$  - объем активной зоны биофильтра, занимаемый субстратом. Чем выше удельная поверхность, тем больше бактерий может поселиться в кубическом метре активной зоны фильтра. Бактерии, заселяющие субстрат биофильтра, создают сплошную пленку на его поверхности.

Процессы изъятия загрязнений из воды биологической пленкой подчиняются основным законам массообмена. На первом этапе изъятие загрязнений происходит путем прилипания частиц загрязнения и их сорбции (поглощения) биопленкой. Интенсивность этих процессов тем выше, чем больше поверхность контакта воды и биопленки, чем выше концентрация загрязнений и чем сильнее турбулентность движения воды по биопленке. Турбулентность движения воды по биопленке активно сменяет слои воды, из которых изъято загрязнение на слои воды еще не вступившими в контакт с биопленкой.

Когда частицы загрязнений попадают в контакт с биопленкой, начинается процесс аммонификации нерастворенных органических соединений с выделением аммония. Аммоний, поступивший вместе с водой и полученный в результате аммонификации нерастворенной органики, утилизируется группами бактерий *Nitrosomonas*, осуществляющими первый этап нитрификации - окисление аммония до нитритов. Нитриты окисляются бактериями группы *Nitrobacter* до нитратов. Так как нитраты относительно малотоксичный продукт для рыб, то его концентрация может быть значительной без ущерба для результатов рыбоводства. Это обстоятельство позволило строить биофильтры для очистки рыбоводных стоков без блока денитрификации.

Жизнь биологической пленки имеет свои закономерности. Потребляя для своего питания азотные загрязнения из воды, биопленка растет по толщине и стареет. Биомасса пленки накапливается. Если в биофильтре не решены проблемы удаления стареющей пленки, то последняя, в свою очередь, отмирает, разлагается и загрязняет воду. Проблема обновления биопленки одна из самых главных. Эта проблема решается главным образом за счет создания таких гидродинамических нагрузок на субстрат, при которых рыхлые слои старой пленки отрываются и уносятся с током воды. В дальнейшем мигрирующие кусочки биопленки выделяются из воды и выносятся из системы. В местах отрыва старой биопленки на субстрате остается тонкий активный слой биопленки, который продолжает процесс изъятия и переработки загрязнений.

Интенсивность изъятия нерастворенной органики и нитрификации аммония оценивается коэффициентами:

$$K_{хпк} - \text{коэффициент изъятия нерастворенной органики в кг ХПК/м}^2 \text{ сут.}$$

$$K_{хпк} = \alpha_{хпк} \times N A_{хпк}, \quad /62/$$

где  $\alpha_{\text{ХПК}}$  - безразмерный коэффициент, определяемый конструктивными особенностями биофильтра и температурой воды;

$\text{НА}_{\text{ХПК}}$  - удельная нагрузка нерастворенной органики на поверхность субстрата, оцениваемая по ХПК в кг ХПК/м<sup>2</sup> в сут;

$K_{\text{NH}_4^+}$  - коэффициент нитрификации аммония в кг NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/м<sup>2</sup> в сут

$$K_{\text{NH}_4^+} = \alpha_{\text{NH}_4^+} \times \text{НА}_{\text{NH}_4^+}, \quad /63/$$

где  $\alpha_{\text{NH}_4^+}$  - безразмерный коэффициент, определяемый конструктивными особенностями биофильтра и температурой воды;

$\text{НА}_{\text{NH}_4^+}$  - удельная нагрузка аммония на поверхность субстрата в NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/м<sup>2</sup> в сут.

Из уравнений 62 и 63 следует, что изъятие продуктов загрязнения идет тем активнее, чем выше удельная нагрузка. Очевидно, что это справедливо только до определенного максимума нагрузки. Для замкнутых рыбоводных установок линейность наблюдалась до  $\text{НА}_{\text{ХПК}} = 8,3$  г ХПК/м<sup>2</sup> в сут и  $\text{НА}_{\text{NH}_4^+} = 0,6$  г NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/м<sup>2</sup> в сут.

Температурная зависимость интенсивности изъятия органики и нитрификации аммония имеет максимум при температуре +20 °С. При росте температуры до 20 °С эффективность изъятия растет. При увеличении температуры от 20 °С до 30 °С эффективность снижается, а при температуре +35 °С резко падает. Такой ход зависимости объясняется тем, что с ростом температуры растет биологическая активность биоценоза, а вместе с ней растет потребность в кислороде. Несущая способность воды по кислороду с ростом температуры падает, так как снижается концентрация равновесного насыщения воды кислородом. Затухание биохимических процессов при температуре выше 20 °С объясняется дефицитом кислорода.

Температурная зависимость коэффициентов  $\alpha_{\text{ХПК}}$  и  $\alpha_{\text{NH}_4^+}$  для рыбоводных стоков от форели по американским источникам имеет вид

$$\alpha = \alpha_{20} \times 1,143^{-(T - 20)} \quad /64/$$

где  $\alpha_{20}$  - максимальное значение коэффициента при 20 °С;  
О.Е.

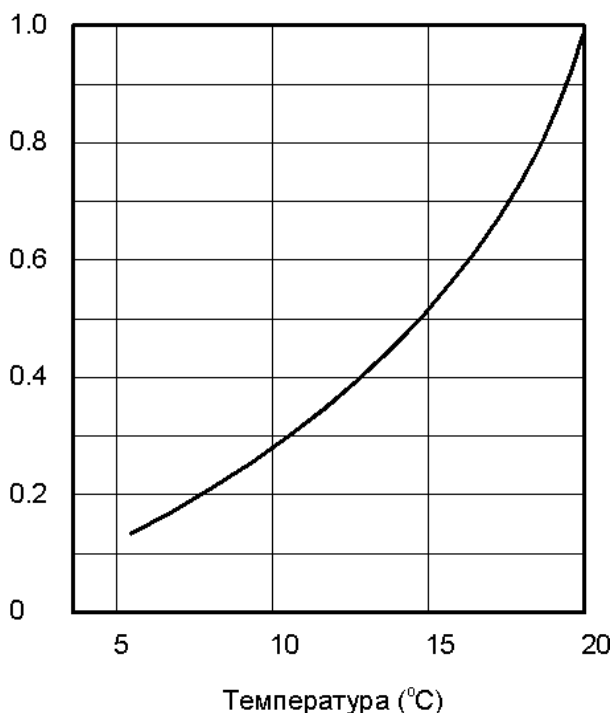


Рис.43. Изменение интенсивности биохимических процессов в биофильтре.

$-[T - 20]$  - отрицательное значение модуля разности текущего значения температуры  $T$  по отношению к  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Изменение эффективности биохимических процессов в функции температуры в относительных единицах, построенное по уравнению 64 приведено на рис.43.

Температурный коэффициент для городских стоков (уравнение 64) лежит в пределах от 1 до 1,085.

Классификация биофильтров по способу их обустройства приведена на рис.44 .

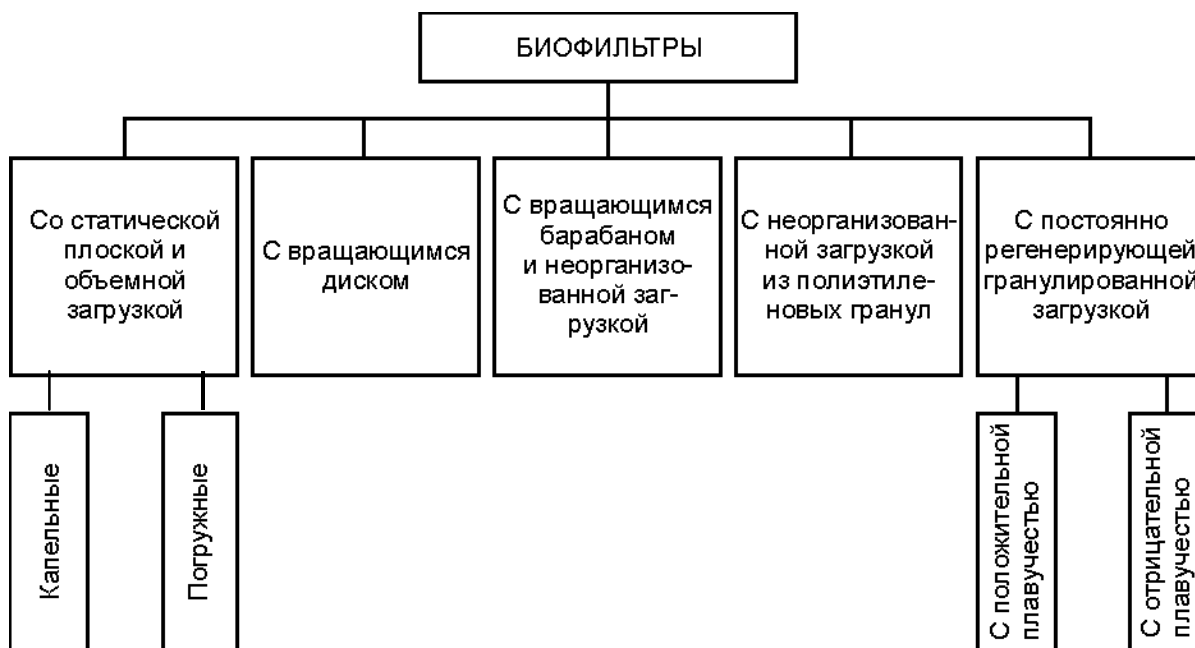


Рис.44. Классификация фильтров, используемых в рыбоводных установках.

**БИОФИЛЬТРЫ СО СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ.** Самая простая конструкция биофильтра со статической нагрузкой - это емкость, в которую помещен достаточно крупный гравий. Гравий залит очищаемой водой, которая удаляется из емкости по мере поступления новых порций загрязненной воды. Такой фильтр называется погружным. Если гравий не залит водой, а только непрерывно смачивается ей, то это будет, так называемый, капельный фильтр. Работа капельного фильтра несколько эффективнее, чем погружного, так как в нем выше обеспеченность кислородом за счет воздуха, находящегося в промежутках между гравием. Вода, скатываясь по поверхности гравия, обогащается кислородом. Кроме того, в тонком слое воды, текущем по поверхности гравия, выше турбулентность, чем в воде, плавно проходящей через толщу залитого гравия.

Самая большая проблема гравийного фильтра - отрыв состарившейся биопленки и ее удаление. В гравийных биофильтрах, работающих на городских стоках, для этой цели применяется землеройная техника, разрушающая слои гравия спекшиеся из-за выросшей биопленки.

В рыбоводных установках гравийные биофильтры применяют в малонагруженных системах с плотностью посадки рыбы  $2 - 10\text{ кг/м}^3$ .

Вторая существенная проблема биофильтра со статической нагрузкой - высокая нагрузка загрязнениями верхних слоев субстрата, на которые попадают неочищенные стоки. Нижележащие слои субстрата омываются водами, из которых уже изъята часть за-

грязнений. Этот эффект настолько существенен, что снижает эффективность работы всего объема биофильтра до 40% от потенциального значения.

Трудности очистки гравийных фильтров побудили конструкторов к поиску самоочищающихся загрузок биофильтров. К таковым следует отнести загрузки с достаточно гладкими вертикальными поверхностями, на которых облегчен отрыв рыхлых слоев биопленки за счет собственного веса и движения воды. В качестве субстрата в этом случае используются синтетические пленки, подвешенные за верхний край, стеклянные блоки с отверстиями, устанавливаемые один на другой, объемные блоки в виде пчелиных сот из синтетических материалов. Удельная площадь такого субстрата колеблется от 50 до 200 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. Дальнейшее повышение удельной площади загрузки такого вида невозможно, так как отверстия для пропуска воды сужаются и с течением времени наглухо зарастают биопленкой.

К достоинствам биофильтров, построенных из объемных блоков в виде сот, следует отнести их относительно большой объем единичного фильтра и легкость ограждающей конструкции. Такие фильтры строят в расчете на обработку стоков в количестве 20 - 30 тыс.м<sup>3</sup> в сутки.

Стенки этих фильтров не несут нагрузки, а выполняют роль ограждения, поэтому выполняются легкими.

Для крупных биофильтров проблема равномерного распределения очищаемой воды по площади фильтра решается с помощью устройства над фильтром "Сегнерова колеса" (рис.45). На подшипнике скольжения 1 устанавливается приемная емкость 2, от которой отходят симметричными лучами трубы 3. В трубах устроены отверстия 4. При подаче воды в емкость, она попадает в трубы и вытекает из отверстий 4, создавая реактивную тягу, с помощью которой все сооружение начинает вращаться с опорой в подшипнике. Равномерное распределение воды создается за счет вращения сооружения.

Количество воды, поступающее на единицу поверхности биофильтра, называют гидравлической нагрузкой. Размерность гидравлической нагрузки м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в сут.

**БИОФИЛЬТРЫ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ ДИСКАМИ.** Схема устройства биофильтра приведена на рис.46. Биофильтр имеет емкость 1, уровень воды в которой всегда постоянен. В емкости расположен вал 2, на подшипниках 3, на валу закрепляются плоский субстрат для оседания биопленки 4, вал с субстратом непрерывно вращается с помощью привода 5. Рекомендуемая частота вращения дисков фильтра, имеющих диаметр 1-3 м в пределах от 1 до 0,1 оборота в мин.

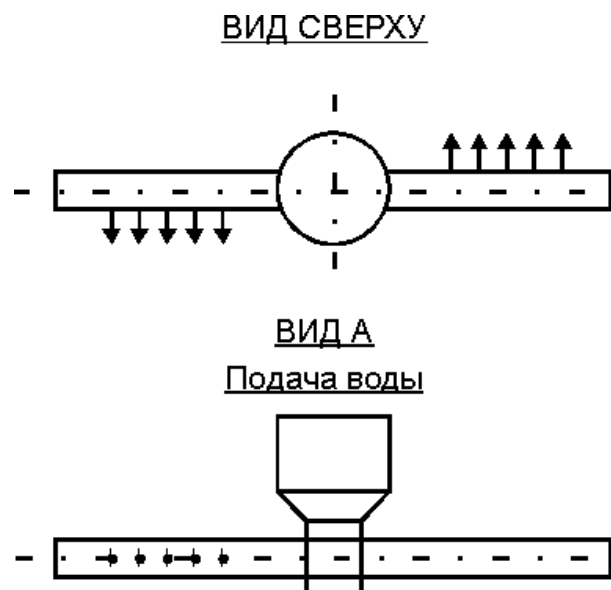


Рис.45. Устройство для распределения воды поверхности биофильтра: 1 - подшипник; 2 - емкость; 3 - трубы; 4 - отверстия.

Биохимические процессы очистки воды в этом фильтре идут при интенсивном перемешивании по всей активной зоне фильтра. Это обстоятельство повышает активность использования объема фильтра, создает хорошие условия для изъятия загрязнений биопленкой и создает условия для отрыва рыхлой части биопленки от субстрата. В процессе вращения субстрат с биопленкой периодически осушается. Тонкий слой воды, покрывающий осушенную пленку, насыщается кислородом воздуха. При погружении субстрата в воду захватываются пузыри воздуха, повышая концентрацию кислорода в очищаемой воде.

Предельная мощность единичного фильтра ограничивается производительностью по очищаемой воде в пределах 240 - 300 м<sup>3</sup>/сут. Созданию более мощных агрегатов препятствуют проблемы надежности механизмов, вращающих значительные массы субстрата. Наиболее уязвимое место вращающегося фильтра - обрыв механических связей между приводом и валом из-за большой инерционности вращаемых масс.

Удельная поверхность субстрата вращающихся фильтров колеблется в пределах 50 - 80 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, а соотношение объема очистных сооружений к объему рыбоводных бассейнов снижается до 1,5:1.

**ВРАЩАЮЩИЙСЯ БИОФИЛЬТР С НЕОРГАНИЗОВАННОЙ ЗАГРУЗКОЙ** представляет собой вращающийся биофильтр (см. рис.46), на валу которого вместо субстрата из дисков закреплен сетчатый барабан, плотно заполненный шариками из синтетических материалов. Замена плоских дисков на шарики позволила увеличить удельную поверхность субстрата до 185 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

При всех прочих достоинствах вращающегося фильтра (самообеспечение кислородом, активное использование всего объема фильтра, хорошие гидродинамические условия контакта биопленки и очищаемой жидкости) во вращающемся фильтре с неорганизованной загрузкой, эффект отторжения старой биопленки выше. При вращении барабана шарики периодически погружаются в воду и выходят из воды. В момент погружения на шарики действуют силы, возникающие из-за плавучести шариков, а при их осушении - сила тяжести. В результате воздействия этих сил шарики смещаются относительно друг друга, снимая со своих поверхностей биопленку. Слой пленки, освобожденный от старых наслоений, активно поглощает из воды загрязнения, интенсифицируя процесс изъятия. Оторван-

ные частицы биопленки также продолжают свою деятельность по очистке воды, вплоть до их выноса в накопители грязи.

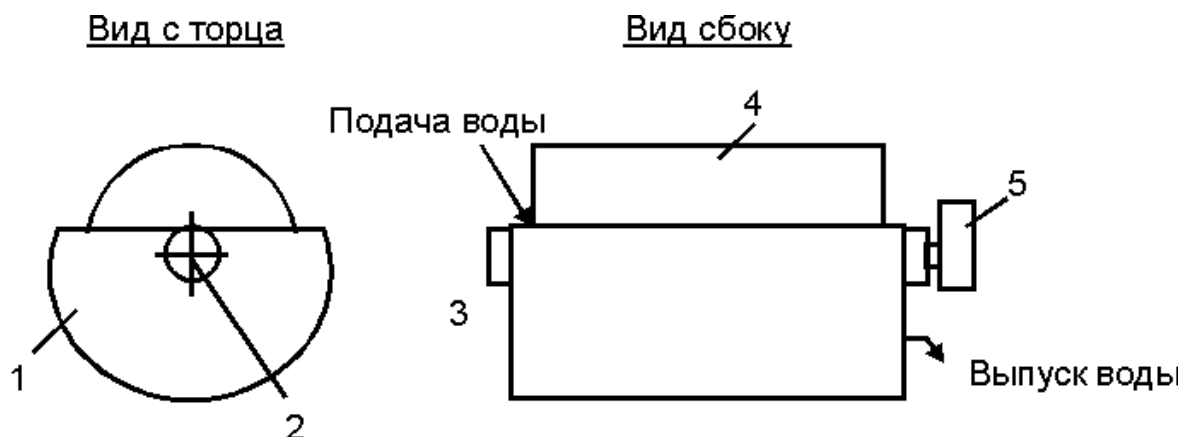


Рис.46. Схема устройства биофильтра с вращающимися дисками: 1 - емкость; 2 - вал; 4 - субстрат; 3 - подшипники; 5 - привод.

Область применения барабанов с неорганизованной загрузкой ограничивается конечными размерами барабана. Максимальный размер применяемых барабанов  $1,72 \text{ м}^3$ . Изобретатели барабана применяли его непосредственно в бассейне с выращиваемой рыбой и в открытых прудах.

**БИОФИЛЬТР С НЕОРГАНИЗОВАННОЙ ЗАГРУЗКОЙ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ГРАНУЛ** использует в качестве субстрата полиэтиленовые гранулы с плотностью  $0,93 - 0,95$  и удельной поверхностью  $750 - 1000 \text{ м}^2/\text{м}^3$ . Схема биофильтра приведена на рис.47. В корпусе биофильтра 1, размещается стакан 2, внутри стакана плавает слой полиэтиленовых гранул 3, биофильтр снабжен патрубком 4.

В рабочем состоянии очищаемая вода подается сверху на слой гранулы. Под действием тока воды слой несколько разжижается, занимая объем в  $1,5 - 2$  раза больший, чем в свободном состоянии. При токе воды через слой гранулы, на поверхности которой образуется биологическая пленка, происходит изъятие из воды загрязнений.

При выходе из стакана вода изменяет направление движения, что способствует отделению частиц загрязнения и отслоившегося ила и выпадению их в осадок. Очищенная вода поднимается между стенками стакана и корпуса и вытекает из патрубка 4. Уровень воды в корпусе остается постоянным.

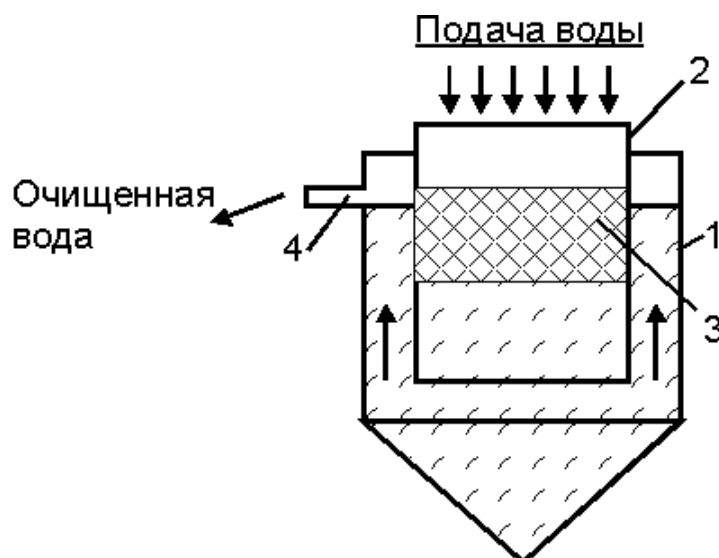


Рис.47. Схема биофильтра с неорганизованной нагрузкой из полиэтиленовых гранул: 1 - корпус; 2 - стакан; 3 - слой гранулы; 4 - патрубок.

Высокая удельная поверхность субстрата позволяет снизить отношение объема очистных сооружений к объему рыбоводных бассейнов до 1,5:1.

Фильтр, изображенный на рис.47, имеет ряд недостатков, связанных с организацией равномерного тока воды по всему поперечному сечению стакана. При неравномерном токе воды часть гранулы остается в не разжиженном состоянии. Это способствует срастанию гранул между собой за счет срастания биопленки, покрывающей поверхность каждой гранулы. Образовавшиеся конгломераты теряют способность к самоочищению, приобретают отрицательную плавучесть, тонут и служат источником вторичного загрязнения воды. Чтобы избежать нежелательных последствий из-за слабой самоочищаемости гранул от старой биопленки, в фильтрах такого типа предусматривают устройства, обеспечивающие барботаж гранулы. В результате интенсивного барботажа гранулы очищаются от старой биопленки, которая оседает затем в отстойниках фильтра.

Максимальная производительность по очищаемой воде фильтров, построенных по схеме изображенной на рис. 47, составляет 3 - 4 тыс. м<sup>3</sup> в сут.

**БИОФИЛЬТР С ПОСТОЯННО РЕГЕНЕРИРУЮЩЕЙ НЕОРГАНИЗОВАННОЙ ЗАГРУЗКОЙ.** В этих биофильтрах реализуется идея использования гранулированного субстрата с высокоразвитой поверхностью ( $750 - 1700 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ) и способа активизации биопленки за счет принудительного удаления старых ее слоев в процессе нормальной работы фильтра. В биофильтрах такого типа используется гранулированный материал как с положительной, так и с отрицательной плавучестью.

Схема фильтра, использующего полиэтиленовые гранулы с плотностью 0,92 - 0,95 и удельной поверхностью  $750 - 1000 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , приведена на рис.48. В верхней части корпуса фильтра 1 устроен кольцевой лоток 2, отгороженный сеткой 3. В фильтре, заполненном водой, размещается слой плавающей гранулы 4. Для подачи воды устроено сопло 5, совмещенное с эжектором 6. Под эжектором располагается отбойник 7. Для отвода очищенной воды из кольцевого лотка устроен патрубок 8.

Фильтр действует следующим образом. Очищаемая вода подается через сопло 5. Струя воды, выходящая из сопла, захватывает в эжектор часть гранулы, проносит ее по стволу эжектора и ударяет об отбойник. В результате удара рыхлые слои биопленки отрываются, а гранула всплывает и снова попадает в круговорот гранулы через эжектор. Очищаемая

вода, изменяя направление движения после отбойника, теряет частицы грязи, выпадающие в отстойник. Далее очищаемая вода проходит слой гранулы и попадает в кольцевой поток через сетку, удерживающую гранулу.

К достоинствам фильтра следует отнести высокую удельную поверхность субстрата, высокую эффективность использования биопленки, размещение в одном корпусе биофильтра и отстойника грязи. Относительная сложность изготовления и настройки элеватора компенсируется положительными качествами фильтра.

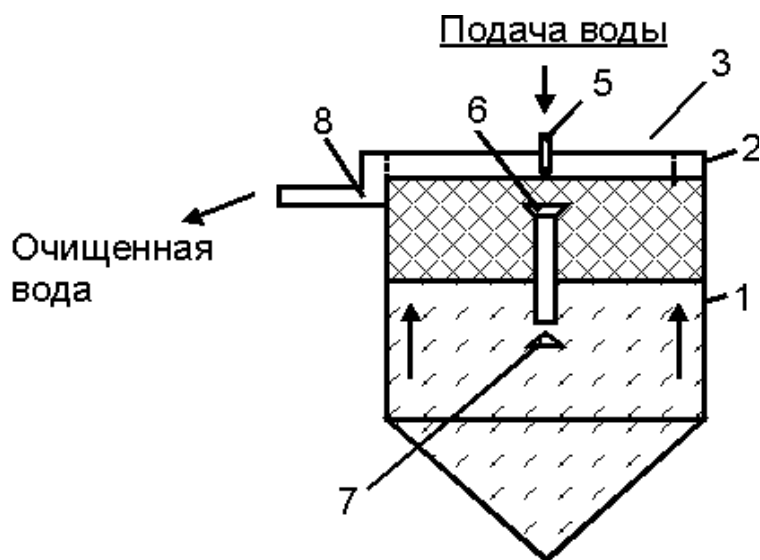


Рис.48. Схема биофильтра с постоянно регенерирующей неорганизованной загрузкой, имеющей положительную плавучесть: 1 - корпус; 2 - кольцевой лоток ; 3 - сетка; 4 - гранулы; 5 - сопло; 6 - эжектор; 7 - отбойник; 8 - патрубок.

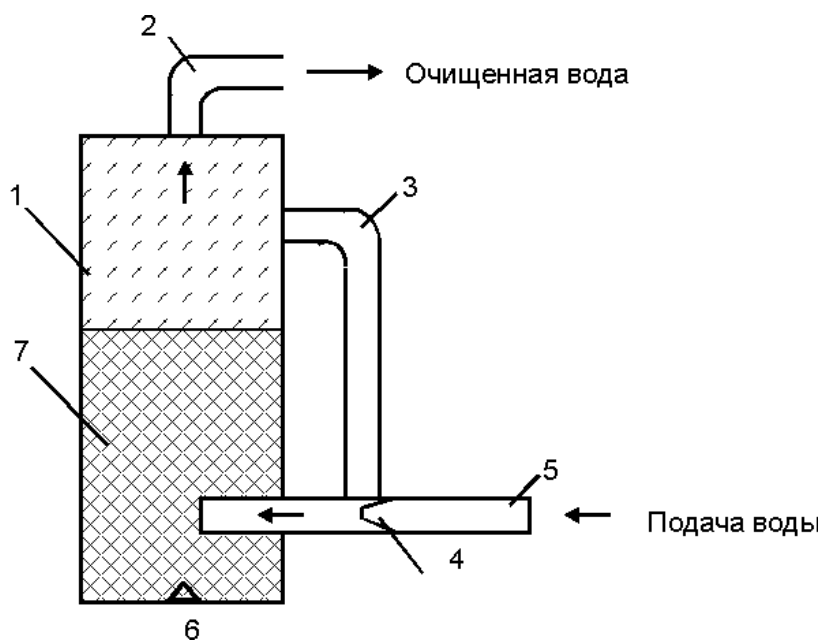


Рис.49. Схема фильтра с неорганизованной, постоянно регенерирующей загрузкой, имеющей отрицательную плавучесть: 1 - корпус; 2 - патрубок отвода; 3 - трубопровод оборотной воды; 4 - эжектор; 5 - патрубок подвода; 6 - отбойник; 7 - слой гранулы.

Схема фильтра, в котором использованы гранулы из материала с отрицательной плавучестью и удельной площадью до  $1700 \text{ м}^2/\text{м}^3$  приведена на рис.49. Фильтр состоит из корпуса 1, патрубка для отвода очищенной воды 2, трубопровода оборотной воды 3, эжектора 4, патрубка подвода воды 5, отбойника 6 и слоя гранулы 7.

Фильтр действует следующим образом. Очищаемая вода подается под давлением в патрубок 5 и, проходя через эжектор 4, захватывает из трубопровода 3 воду. Суммарный поток воды разрыхляет слой гранулы и, проходя через него, делится на две части. Одна часть отводится из фильтра, другая возвращается в фильтр по трубопроводу 3. Одновременно с оборотной водой в трубопровод 3 попадает часть гранулы. Проходя через эжектор фильтра и, ударяясь об отбойник 6, гранула теряет рыхлый слой биопленки. Частицы отбитой пленки движутся с током воды и выносятся из фильтра.

Чтобы обеспечить достаточно равномерный ток воды и гранулы по сечению корпуса фильтра, ему придают форму круглой колонны с диаметром не более 1 - 1,2 м. Это ограничивает возможность создания значительных по производительности фильтров в единичном объеме.

**КОНСТРУИРОВАНИЕ БИОФИЛЬТРОВ.** Биологические фильтры для оснащения рыбоводных установок не выпускались промышленностью СССР серийно.

Биофильтры входили составной частью в рыбоводные установки и строились по индивидуальным проектам. В СССР развивалось два направления конструирования фильтров. Одно направление развивало и совершенствовало устройства, работающие по принципу аэротенков (Верхне-Исетский металлургический завод). Другое направление развивало и совершенствовало биофильтры со статической и неорганизованной загрузкой (Ленинградский инженерно-строительный институт, ПО "Калининградрыбпром", ПО "Латрыбпром", Гидрорыбпроект, ВНИПРХ, Специальное конструкторское бюро г. Киев). Краткая характеристика результатов работы приведена выше.

В зарубежной практике разрабатывались установки с дисковыми вращающимися биофильтрами ("Штеллерматик"), установки с вращающимися барабанами ("Био-Матик"), установки с плоской статической загрузкой ("Метц") и установки с неорганизованной, постоянно регенерирующей гранулированной загрузкой ("Фиштехник").

**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ФИЛЬТРА** в составе замкнутой рыбоводной установки. Одной из особенностей является то, что при постоянном расходе циркулирующей воды через биофильтр загрязнения поступают неравномерно. Поступление зависит от физиологических особенностей выращиваемого объекта (кормление, переваривание и т.п.). Загрязнения, попадая в циркулирующую воду, достаточно равномерно распределяются, и создают фоновую концентрацию. Циркулирующая вода, многократно проходя через биофильтр, теряет загрязнения. При каких-либо сбоях в системе рост фонового загрязнения неизбежен. Токсичное действие загрязнения может вызвать отказ рыбы от корма. Не съеденный рыбой корм, попадая в воду, увеличивает ее загрязнение.

Изменение температуры технологической воды в замкнутой системе не приводит к катастрофической потере окислительной мощности биофильтра, так как с понижением температуры одновременно снижается рацион питания рыбы и, как следствие, снижается продукция загрязнения. Сравнительные данные по снижению биохимической активности биофильтра и рациону форели массой 180 г приведена в табл.41.

Таблица 41.

### Связь активности фильтра и рациона форели

| Температура °С                 | 20  | 15   | 10   | 5    |
|--------------------------------|-----|------|------|------|
| Биохимическая активность, о.е. | 1.0 | 0.52 | 0.26 | 0.13 |
| Рацион форели, о.е.            | 1.0 | 0.66 | 0.33 | 0    |

ЗАПУСК НОВОГО ФИЛЬТРА преследует своей целью заселение субстрата колониями бактерий двух видов *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. Бактерии этих видов присутствуют практически повсюду и, если в биофильтр попадает аммоний  $\text{NH}_4^+$ , то это вызывает развитие колонии бактерий *Nitrosomonas*. В результате окислительной деятельности бактерии *Nitrosomonas* в воде появляется нитрит  $\text{NO}_2^-$ , служащий питанием бактерий рода *Nitrobacter*, окисляющих нитрит до нитрата  $\text{NO}_3^-$ . Картина изменения концентраций аммония, нитрита и нитрата в процессе запуска биофильтра приведена на рис.50.

Нормальный срок завершения процесса формирования двух колоний бактерий в биофильтре составляет 30 - 40 сут. при оптимальной температуре 20 °С.

При небольших плотностях посадки рыбы 2 - 3 кг/м<sup>3</sup> запуск биофильтра проходит безболезненно, так как уровень концентрации токсичных продуктов не успевает возрасти до предельных значений. После формирования двух колоний бактерий нагрузка на биофильтр может плавно увеличиваться. О формировании колоний бактерий судят по изменению концентрации нитрата  $\text{NO}_3^-$ . Если концентрация нитрата растет, значит, бактерии рода нитробактер действуют.

Ускоренный запуск биофильтра проходит при частичной заправке фильтра субстратом из функционирующего биофильтра. Это очень просто выполнить при сыпучем субстрате (гранула, щебенка, гравий).

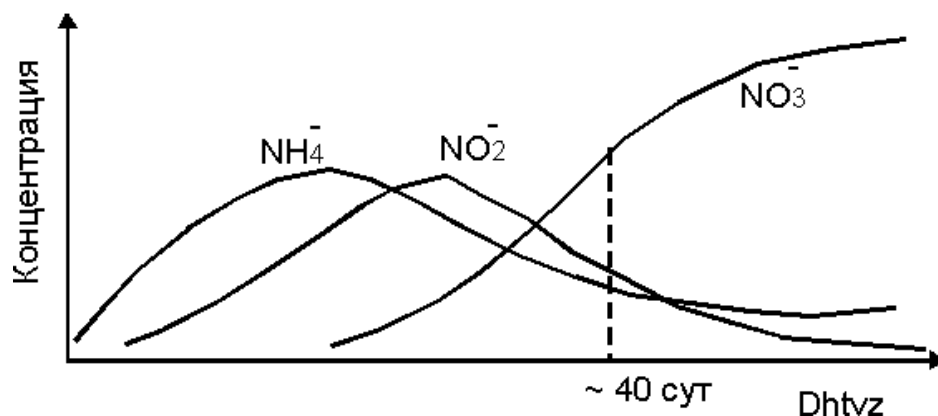


Рис.50. Картина изменения концентрации азотных ионов в процессе запуска биофильтра.

**ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ БИОФИЛЬТРА В СОСТАВЕ ЗАМКНУТОЙ РЫБОВОДНОЙ УСТАНОВКИ.** Расчет проводится для режима максимальной нагрузки системы рыбой и кормом при постоянной температуре воды. По размеру и виду рыбы определяется продукция органических загрязнений. Продукция органических загрязнений для форели и карпа (по данным ВНИИПРХ) приведена в табл.42.

Таблица 42.

*Продукция органических загрязнений от 1000 кг рыбы кг/сут*

| Размер рыбы   | Вид загрязнения                       | Форель | Карп    |
|---------------|---------------------------------------|--------|---------|
| Молодь        | NH <sub>4</sub> - NH <sub>3</sub> - N | 4 - 5  | 3,5 - 4 |
|               | БПК <sub>5</sub>                      | 22     | 13      |
|               | ХПК (пересчет)                        | 374    | 221     |
|               | NH <sub>4</sub> - NH <sub>3</sub> - N | 0,7    | 1,0     |
|               | БПК <sub>5</sub>                      | 5,0    | 3,0     |
| Товарная рыба | ХПК (пересчет)                        | 85     | 51      |

Расчет начинается с определения продукции загрязнений по двум показателям: аммонии -  $M_{\text{NH}_4+}$ , и нерастворенной органики по ХПК -  $M_{\text{ХПК}}$ . Оценка окислительной мощности биофильтра данной конструкции должна быть задана характеристиками в виде уравнений  $K = \alpha \times \text{НА}$  (см. уравнения 62 и 63). Одновременно должно быть известно значение максимальной нагрузки, характерной для данной конструкции фильтра  $\text{НА}_{\text{макс}}$ . Расчетные значения нагрузки должны быть на 10 - 30% меньше максимального значения.

Расчетное значение активной поверхности субстрата, необходимого для работы биофильтра

$$S1 = M_{\text{NH}_4+} / \text{НА}_{\text{NH}_4+}; \quad /65/$$

$$S2 = M_{\text{ХПК}} / \text{НА}_{\text{ХПК}}.$$

Из двух полученных значений активной поверхности выбирается большее. С помощью уравнений 62 и 63 путем подстановки значений нагрузки  $\text{НА}_{\text{NH}_4+}$  и  $\text{НА}_{\text{ХПК}}$  определяются значения  $K_{\text{NH}_4+}$  и  $K_{\text{ХПК}}$ .

Выбранное значение активной поверхности субстрата должно быть достаточным для окисления поступающей продукции загрязнений. Достаточным считается такое значение активной поверхности субстрата, которое удовлетворяет неравенства

$$SK_{\text{NH}_4+} > M_{\text{NH}_4+}; \quad /66/$$

$$SK_{\text{ХПК}} > M_{\text{ХПК}}.$$

Так как биофильтр проявляет свою способность очищать воду в замкнутой рыбоводной установке только при циркуляции через него воды, то необходимо рассчитать проточность фильтра -  $Q$ , м<sup>3</sup>/сут. От проточности фильтра зависит конечная концентрация загрязнений в системе. Связь концентрации и проточности задается уравнениями

$$C_{\text{NH}_4+} = \frac{M_{\text{NH}_4+}}{\alpha_{\text{NH}_4+} \times Q}; \quad /67/$$

$$C_{\text{ХПК}} = \frac{M_{\text{ХПК}}}{\alpha_{\text{ХПК}} \times Q}.$$

В целях упрощения расчетных формул 67 в них опущено влияние подпитки свежей водой на остаточную концентрацию загрязнений.

С помощью зависимости 67 либо рассчитывается значение проточности  $Q$ , либо по известному значению  $Q$  определяется остаточная концентрация загрязнений, которая затем сравнивается с ПДК. По аммонии полученное значение концентрации сравнивается с допустимым по табл.10 (см. раздел "Качество воды"). Для ориентировочных расчетов высоконагруженных установок с плотностью посадки рыбы 40 - 120 кг/м<sup>3</sup> можно принять рН технологической воды равным 6,0. Для малонагруженных систем рН технологической воды мало отличается от рН подпиточной воды. Если расчетные значения концентрации загрязнений велики, то необходимо либо планировать меньшую нагрузку по рыбе, либо вы-

брать биофильтр с более интенсивной работой биоценоза  $\alpha$ , либо увеличить проточность биофильтра, если гидравлическая нагрузка на фильтр может быть увеличена.

## МЕХАНИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

**РЫБОВОДНЫЙ ОСАДОК** - продукт, задерживаемый механическими фильтрами. Механическая очистка технологической воды рыбоводных установок преследует цель отделения от жидкости твердых тел. Отделению подлежат продукты первичного загрязнения (остатки корма, фекалии, чешуя и другие твердые загрязнения) и вторичного загрязнения (избыточный активный ил). Наибольшая концентрация первичных загрязнений находится в воде на выходе из рыбоводных бассейнов, а вторичных - после биофильтра. В замкнутых по воде системах имеет смысл говорить о смеси первичного и вторичного загрязнений, так как оба вида загрязнений попадают в циркулирующую воду, и задерживаются фильтрами, расположенными в любой точке системы. Концентрация взвешенного вещества в таких системах достигает 50 - 60 мг сухого вещества на 1 л воды.

По физико-механическим свойствам нерастворенные осадки представлены грубо- и мелкодисперсными примесями, коллоидными и слизеподобными веществами. Эффект гравитационного осветления воды с рыбоводным осадком в течение 60 мин равен 88%. Состав рыбоводных нерастворенных осадков изменяется при изменении вида корма и режима работы рыбоводной установки. Высушенный рыбоводный осадок из замкнутой рыбоводной установки представляет собой порошок коричневого или светло-коричневого цвета с легким запахом, характерным для исходного корма. Примерный биохимический состав высушенной до 10% влажности смеси первичного и вторичного осадков следующий: зольность 29%, сырой протеин 25%, сырой жир 1%, клетчатка 11%, витамины  $B_1$  и  $B_2$  40 мг/л. Сохранение биохимического состава при температуре +20 °C наблюдается в течение 6 - 7 часов хранения.

Рыбоводный осадок, оседающий в регламентированных местах установки (накопители осадка) и в нерегламентированных местах (трубы, лотки, дно и стенки бассейнов и т.п.), представляет биологически активную массу, в которой протекают сложные биологические процессы, сопровождающиеся изменением структуры и состава массы. Эти процессы служат источником вторичного загрязнения воды, а также потребляют из воды кислород и изменяют pH воды. Опыты по самоокислению биомассы показали ее возрастающую активность после 24 часов хранения в воде установок. Этим определяется максимальное время цикла очистки отстойников рыбоводной установки от накопившегося осадка.

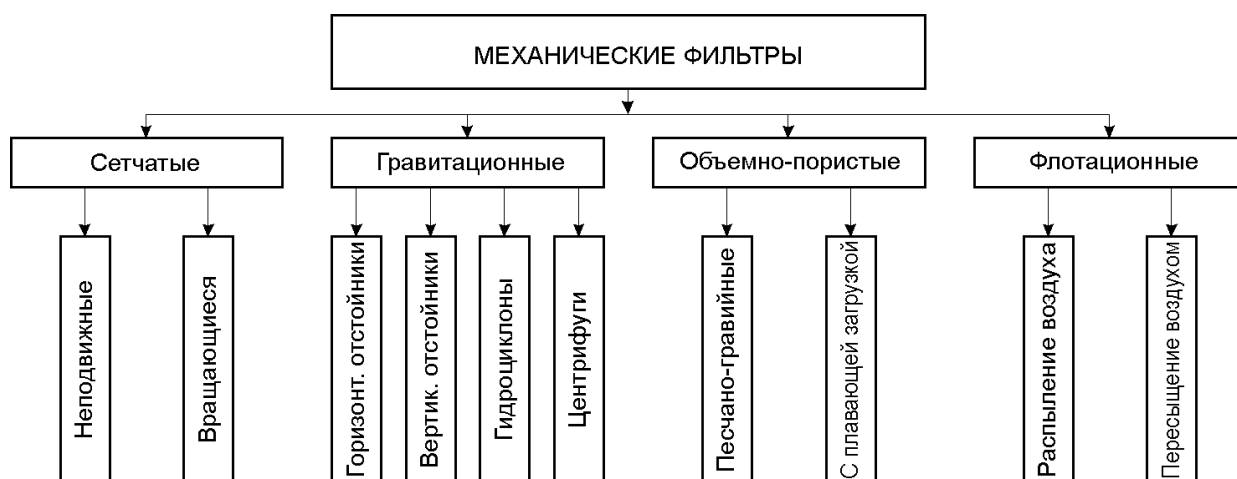


Рис.51. Классификация механических фильтров рыбоводных осадков.

#### КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ РЫБОВОДНЫХ УСТАНОВОК.

В силу особенностей рыбоводного осадка для его отделения от воды пригодны не все виды фильтров. Оценка и сравнение фильтров ведется по следующим показателям: отношение объема фильтра к номинальной проточности, потери напора в фильтре, сложность обслуживания, управление фильтроциклом, эффект очистки в %, затраты воды на обслуживание фильтра.

Применяемые в рыбоводных установках фильтры можно условно разделить по способу отделения осадка на четыре группы (рис.51). Каждая группа делится на подгруппы, отличающиеся конструктивными особенностями.

**СЕТЧАТЫЕ ФИЛЬТРЫ** используются в рыбоводных установках для различных целей и, в зависимости от назначения, имеют различные размеры ячеей. Неподвижные сетчатые фильтры закрывают все выпуски воды из бассейнов и удерживают гранулированный субстрат фильтров. На выпусках из бассейнов сетки удерживают не только живую рыбу от ухода из бассейна, но и достаточно крупный сор: погибшую рыбу, случайные предметы, водоросли. Чем мельче рыба содержится в бассейне, тем мельче должна быть ячейка сетки. Стремлению уменьшить ячейку сетки препятствует возможность ее быстрого засорения, а в высоконагруженных установках ячейка зарастает биопленкой и не пропускает воду. Так сетка с ячейей 3 мм зарастает полностью в течение нескольких суток.

Использование неподвижных сетчатых фильтров всегда предусматривает меры по периодической или постоянной очистке их от закупорки. Там, где это возможно, используется ручная чистка. В больших и достаточно глубоких бассейнах предусматривается система механических щеток с дистанционным приводом или промывка сеток струей воды под давлением. Заслуживает внимания и метод очистки сеток, дна и стенок бассейнов путем подсадки в бассейны с культивируемой рыбой небольшого количества рыб, поедающих отложения - тилипии, белого амура. Не являясь конкурентами по питанию комбикормом основному культивируемому виду, они довольствуются обрастаниями во всех доступных им частях бассейна.

Вращающиеся сетчатые фильтры (радиальные) представляют собой цилиндрический каркас с натянутой на него сеткой. Поступающий поток направлен вдоль оси вращения цилиндра, выходящий - радиально от оси цилиндра к его периферии, таким образом, чтобы жидкость прошла через ячейки сетки. Промывка сетки осуществляется либо периодически, по мере возрастания напора, либо постоянно.

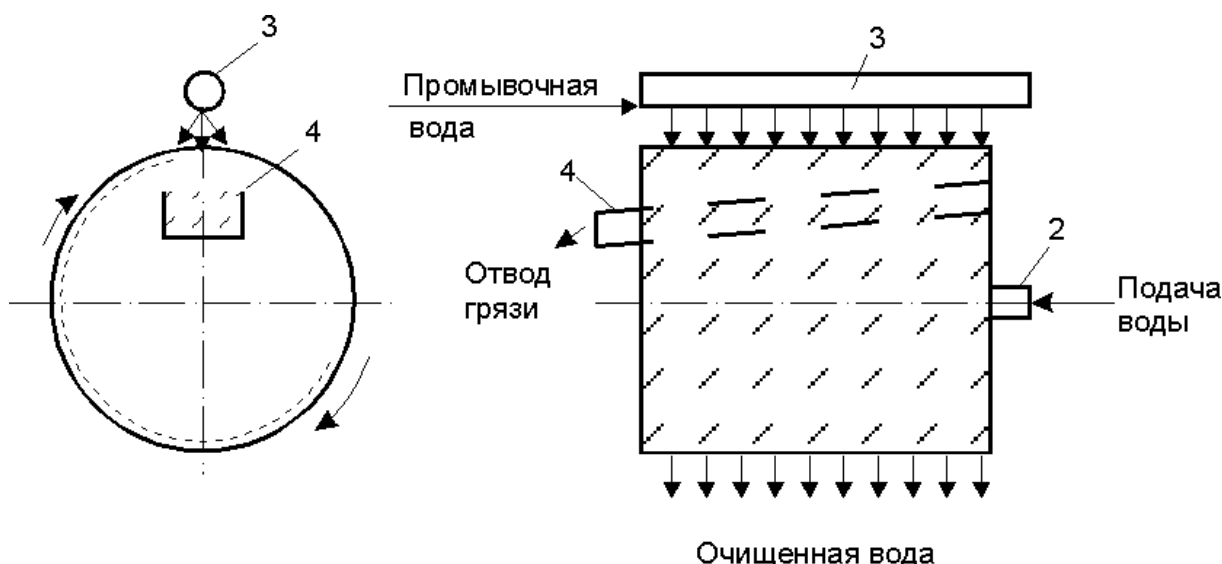


Рис.52. Схема устройства радиального вращающегося сетчатого фильтра: 1 - сетчатый барабан; 2 - патрубок подачи очищаемой воды; 3 - патрубок подачи промывочной воды; 4 - желоб отвода грязи.

Схема постоянно действующей промывки радиального фильтра приведена на рис.52. Фильтр состоит из сетчатого барабана 1, патрубка подачи очищенной воды 2, трубопровода подачи промывочной воды 3, желоба для сбора отвода промывочной воды с грязью 4.

Размер ячеей для фильтрующих сеток радиальных фильтров зависит от его назначения. Желание отделить мелкие частицы заставляет применять мелкоячеистые сетки. Такие фильтры называются микрофильтрами. Потери напора и промывочной воды с уменьшением ячеей сетки возрастают. Это ограничивает применение фильтра задачами отделения крупного мусора. Применение микрофильтров в высоконагруженных системах малоэффективно, так как связано с затратами промывочной воды подаваемой под давлением.

**ГРАВИТАЦИОННЫЙ СПОСОБ ОТДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ** заключается в использовании эффекта разделения воды и частиц грязи из-за их различной плотности. Плотность частиц грязи несколько выше плотности воды, поэтому в спокойной воде частицы грязи движутся вниз и накапливаются на дне. Удаление грязи в спокойной воде называется отстаиванием. Принцип отстаивания положен в основу горизонтального отстойника, схема которого приведена на рис.53. Отстойник представляет собой емкость с плоским дном, разделенную на три секции. Входная секция 1 предназначена для уменьшения турбулентности и скорости движения потока. Секция 2 предназначена для осаждения осадка. Секция 3 обеспечивает переход к высоким скоростям движения потока. Наибольший эффект отстаивания наблюдается при низких скоростях и ламинарном течении жидкости. Рекомендуемые скорости течения воды в секции отстоя должны быть менее 0,8 м/сек. Рекомендуемое время пребывания воды в отстойнике - 15 - 60 мин. Потери напора незначительны. Эффект очистки 10 - 30% взвесей. Очистка дна секции 2 от накопившегося осадка представляет определенные трудности, так как осадок распределяется по всей поверхности дна почти равномерно. Кроме того, очистке подлежат все стенки отстойника, так как со временем они покрываются слоем биопленки, условия для отрыва и выноса которой отсутствуют.

В практике рыбоводных установок широкое применение нашли отстойники с вертикальным перемещением очищаемой воды и смещением вектора ее движения от центра к

периферии (рис.54 а, б). Отстойник имеет цилиндрический корпус 1 с плоским а) или конусным б) дном. В верхней части корпуса устроен кольцевой лоток для приема очищенной воды 2. В центре корпуса размещена труба для подачи воды 3. Если дно у отстойника плоское, то в его состав включается скребок 4, приводимый в движение приводом 5. Очищаемая вода подается сверху вниз по трубе 3. При выходе из трубы скорость движения воды падает, а направление движения изменяется на противоположное. Изменение направления движения воды ускоряет выпадение в осадок частиц грязи за счет влияния центробежных сил.

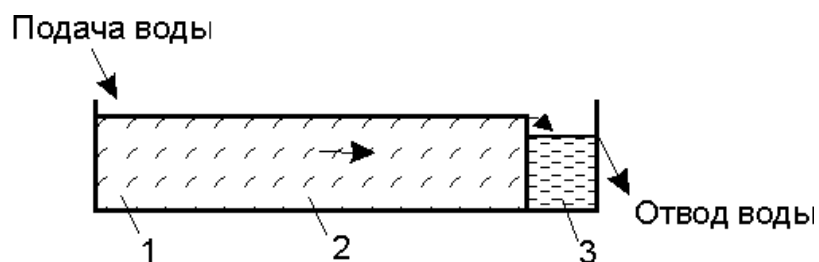


Рис.53. Схема горизонтального отстойника: 1 - секция ввода; 2 - секция отстаивания; 3 - секция выпуска воды.

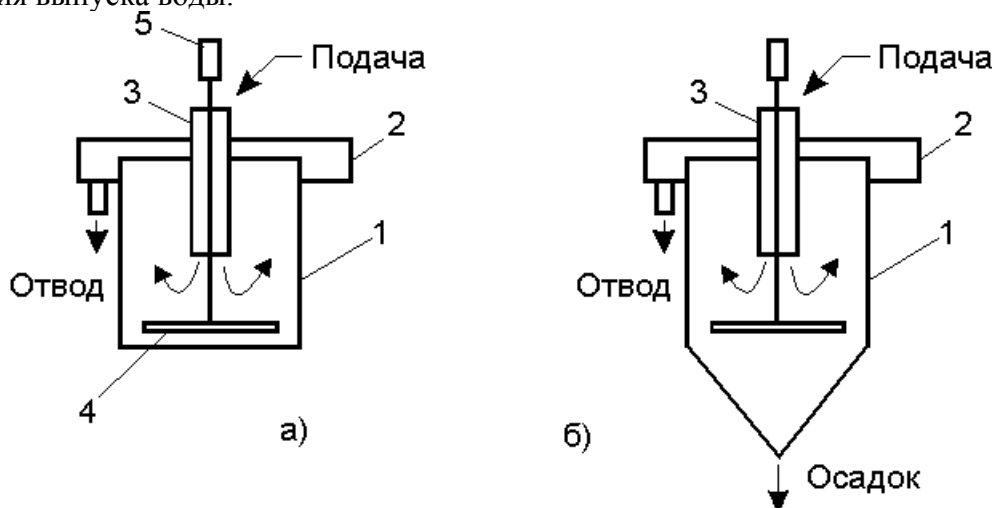


Рис.54. Схемы вертикальных отстойников: 1 - корпус; 2 - кольцевой лоток; 3 - труба подачи воды; 4 - скребок; 5 - привод.

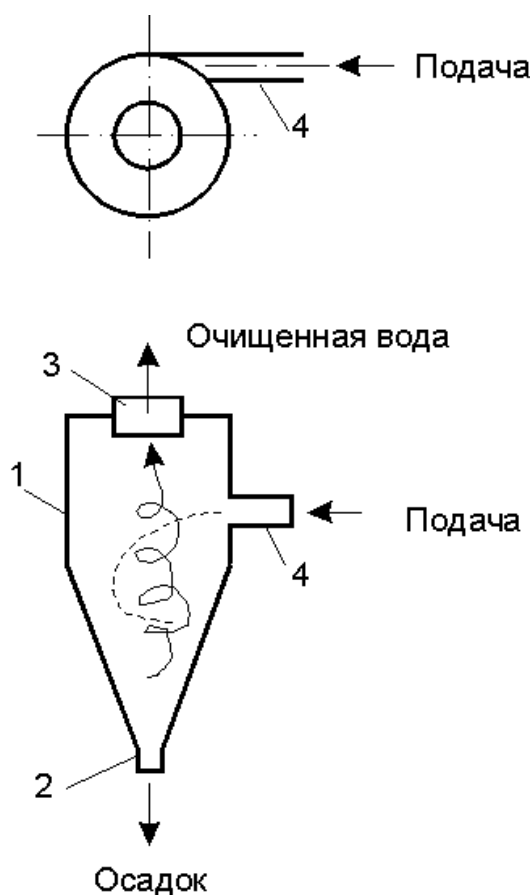


Рис.55. Схема гидроциклона: 1 - корпус; 2 - нижний патрубок; 3 - верхний патрубок; 4 - входной патрубок.

Подъем воды снизу вверх также сопровождается выпадением частиц грязи в осадок, если скорость движения воды вверх ниже скорости опускания частиц грязи вниз. Оптимальной считается скорость подъема воды 10 м/час или 3 мм/сек, скорость движения воды по центральной трубе подачи - 0,08 - 0,1 м/сек, угол наклона конусного дна 45 - 50°.

**ГИДРОЦИКЛОН.** Эффект выделения осадка может быть усилен за счет вращательного движения жидкости в аппарате, именуемом гидроциклон. Схема гидроциклона приведена на рис.55. В цилиндрическом корпусе 1 устроено коническое дно с выходным патрубком 2, в верхней части корпуса устроена крышка с патрубком 3. По касательной к цилиндрической части корпуса встроены патрубок 4. При подаче воды в патрубок 4 она движется внутри корпуса по спирали. В результате движения частицы грязи выносятся к стенкам корпуса. Винтообразный поток движется сначала вниз вдоль стенок, затем вверх в его центральной части. Между этими двумя потоками образуется зона, в которой скорость вертикального движения равна нулю. В центре спирали, поднимающейся снизу вверх, образуется область низкого давления, которая заполняется воздухом или парами жидкости. Ядро, заполненное воздухом, возникает и увеличивается с увеличением скорости вращения воды.

Осветленная вода поднимается в верхнюю часть аппарата и выливается из него. Частицы взвеси вместе с частью воды выходят из нижнего патрубка. Эффективность осветления воды зависит от режима работы гидроциклона.

В рыбоводной практике гидроциклоны использовались в единичных случаях. Причиной тому необходимость в высоком давлении на входе, а, следовательно, высокие энерге-

тические затраты. Нормальная работа гидроциклона наблюдается при падении давления 1,5 - 3 кг/см<sup>2</sup>. Эффективность очистки тем выше, чем выше скорости движения жидкости.

Если гидроциклон, изображенный на рис.55, использовать при небольшом давлении, а нижний патрубок перекрыть, то такой прибор выполняет роль ловушки взвесей, которые накапливаются в его нижней части. Безнапорные циклоны достаточно эффективно работают в аквариумах и промышленных рыбоводных установках, задерживая примерно 15% взвесей. Требования к циклу удаления осадка из безнапорного циклона остаются неизменными, выпуск осадка должен производиться не реже одного раза в сутки.

ЦЕНТРИФУГИ как аппараты для отделения взвесей от воды в составе рыбоводных установок не использовались. На станциях очистки фекальных вод используются центрифуги со шнековой подачей для понижения влажности осадка до 85 - 87%. Центрифугирование идет активно только при внесении добавок коагулирующего действия. Эффективность центрифугирования без добавления коагулянтов низка из-за присутствия в осадке коллоидных и слизеподобных веществ.

**ОБЪЕМНЫЕ ПОРИСТЫЕ ФИЛЬТРЫ.** В классических песчаных фильтрах очистка воды осуществляется пропусканием ее через слой песка или какого-либо другого зернистого материала. Частицы взвеси, размер которых превышает размер пор, задерживаются песком. Размер песка в классическом песчаном фильтре колеблется от 2 до 0,02 мм. Применяя в качестве фильтрующих частиц глину, диатомит можно задерживать взвеси до 0,1 мкм. В случае закупоривания фильтра его отключают от системы подачи очищаемой воды и промывают обратным током воды.

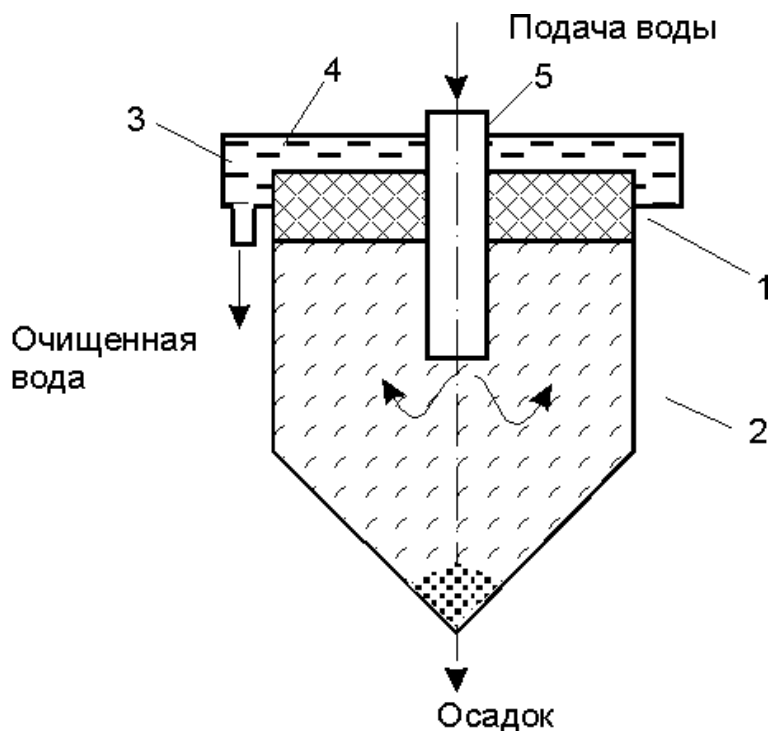


Рис.56. Фильтр с плавающей загрузкой: 1 - фильтрующий слой гранулы; 2 - корпус; 3 - кольцевой лоток; 4 - сетка; 5 - подающая труба.

Песчаные фильтры не нашли применения в практике очистки рыбоводных стоков, так как поверхность песчинок покрывается слоем биопленки. Биопленка, обладая сорбирую-

щими свойствами, притягивает загрязнения, разрастается и закупоривает фильтр, срашивая песчинки в единый конгломерат. Обратная промывка сросшегося слоя песка не восстанавливает его фильтрующих свойств.

Преодолеть препятствия, связанные с зарастанием и регенерацией фильтрующего слоя, удалось путем применения вместо песка полиэтиленовой гранулы диаметром 2,5 мм с плотностью 0,93 - 0,95. Фильтры с плавающей загрузкой (ФПЗ) нашли широкое применение в практике рыбоводных установок. Схема ФПЗ приведена на рис.56. Фильтрующий слой гранулы 1 размещается в корпусе 2, имеющем кольцевой лоток 3, выход в который защищен сеткой 4. Для подачи воды в фильтр внутри корпуса устроена труба 5. Дно корпуса на рисунке изображено конусным, но может быть плоским. При плоском дне конструкция усложняется скребками и приводом для скребков.

Фильтр работает следующим образом. Загрязненная вода подается по трубе 5 в зону отстоя. В этой зоне ФПЗ работает как обычный вертикальный отстойник. Медленно поднимаясь вверх, вода проходит фильтрующий слой и очищенной сливается через сетку в кольцевой лоток. По мере накопления осадка в порах фильтрующего слоя увеличивается его гидравлическое сопротивление и уровень воды в фильтре несколько поднимается (на 5 - 10 см).

Очистка фильтрующего слоя производится при отключении подачи очищаемой воды. Для очистки используют барботаж гранулы либо сжатым воздухом, либо струей воды. Затем воде дают отстояться и сливают накопившийся на дне осадок. ФПЗ обладает высокой эффективностью очистки до 82 - 92%. Это объясняется, очевидно, сорбционными свойствами биопленки, покрывающей гранулу. В силу обладания способностью сорбировать биопленка задерживает частицы намного меньше по размеру, чем поры между гранулами. Фильтрующие свойства гранулы восстанавливаются достаточно легко, так как из-за небольшой положительной плавучести гранулы даже незначительные усилия, возникающие при барботаже, разрушают слой гранулы, накопивший загрязнения.

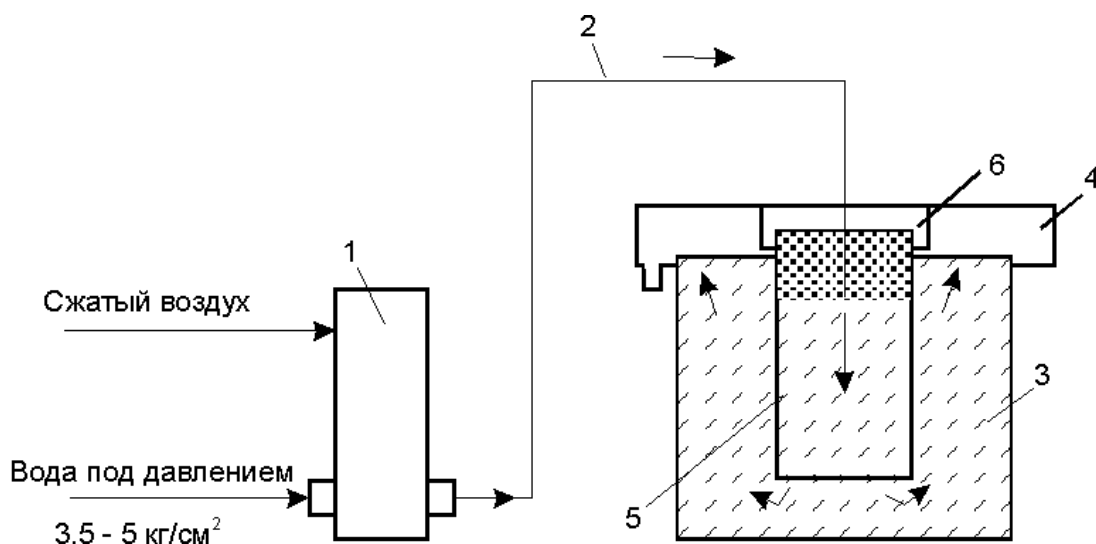


Рис.57. Схема флотации с инъекцией воздуха под давлением: 1 - аппарат для инъекции воздуха; 2 - трубопровод насыщенной воды; 3 - емкость флотатора; 4 - лоток сбора воды; 5 - внутренний корпус; 6 - пеносорбник.

Потери напора в ФПЗ незначительны (менее 1 м).

Эффективность очистки в ФПЗ зависит от скорости фильтрации и концентрации взвешенных веществ в очищаемой воде. При скорости подъема около 10 м/час, высоте фильтрующего слоя 0,2 - 0,5 м и цикле очистки 24 часа эффект очистки максимальный.

ФЛОТАЦИЯ как способ механической очистки воды от взвесей иногда используется для очистки рыбоводных стоков, а также для подготовки воды из открытых источников перед подачей в рыбоводные бассейны. Удаление взвешенных веществ происходит путем концентрации их в пене, образующейся при продувке воды сжатым воздухом. Параллельно с адсорбцией взвесей на поверхности воздушных пузырьков происходит коагуляция и укрупнение коллоидных частиц, что облегчает их задержание на механическом фильтре. В процессе продувки происходит повышение рН среды и удаляется значительное количество аммиака.

Наиболее эффективны камеры с противотоком воды и пузырьков воздуха. Рекомендуемый расход воздуха не менее  $10 \text{ м}^3/\text{м}^2$  при избыточном давлении 0,2 - 0,35 кг/см<sup>2</sup>. Основными факторами, определяющими эффективность флотационного процесса очистки воды от взвесей, являются время контакта, и величина площади раздела фаз вода/воздух. С увеличением суммарной поверхности раздела вода/воздух возрастает величина потенциала заряда между пузырьками и частицами органических соединений. При размере пузырьков 1 - 1,5 мм поверхность раздела фаз лежит в пределах 40 - 50 м<sup>2</sup>/л.

По способу образования пузырьков в устройствах флотации для рыбоводных установок используются два способа:

- воздушные пузырьки получают путем распыления сжатого воздуха через перфорированные трубы;

- сжатый воздух инжектируется в воду под высоким давлением и при снятии давления он освобождается из воды пузырьками.

При пропускании воздуха через перфорированные трубы сложно добиться образования мелких пузырьков воздуха, а, следовательно, и высокой эффективности устройства в целом. При инъекции воздуха в воду под высоким давлением размеры пузырьков после снятия давления остаются минимальными. Этот метод нашел применение, как в рыбоводной практике, так и на станциях очистки воды. Преимущества этого способа очевидны, так как удаляются частицы, плотность которых незначительно отличается от плотности воды. Удаляются частицы размером от 10 мкм. Особенно эффективно с помощью флотации уменьшается микробиологическое загрязнение воды, эффект очистки достигает 90%.

Схема устройства для очистки воды с помощью инъекции воздуха под давлением приведена на рис.57. В схему входит аппарат для насыщения воды сжатым воздухом 1, трубопровод подачи воды, насыщенной воздухом, 2, емкость флотатора 3 с кольцевым лотком сбора воды 4, внутреннего корпуса 5 с кольцевым лотком для сбора пены 6. Устройство аппарата для инъекции воздуха в воду под давлением аналогична устройству оксигенатора. Эффективная инъекция воздуха происходит в аппарате при давлении 3,5 - 4 кг/см<sup>2</sup>.

Насыщенная воздухом вода по трубопроводу 2 подается во внутренний корпус флотатора 5. Давление воды в корпусе флотатора резко падает, воздух выделяется в виде мелких пузырьков, увлекая с собой частицы загрязнений, которые собираются в пеносборнике. Вода движется вниз по корпусу флотатора, унося с собой крупные частицы загрязнения, которые выпадают в осадок на дно флотатора. Далее вода поднимается между корпусами флотатора и собирается в кольцевом лотке 4.

Чтобы избежать опасного остаточного пресыщения воды азотом воздуха, площадь контакта воды с атмосферным воздухом в кольцевом лотке должна обеспечивать полную дегазацию избыточного насыщения азотом. К недостаткам способа очистки по схеме, изображенной на рис.57, следует отнести высокую энергоемкость инжектирования воздуха.



## КОРМОРАЗДАТЧИКИ

Главное назначение кормораздатчика - донести без потерь необходимый вид корма в нужное место водоема, в достаточном количестве. Так как кормовые запросы рыб разнообразны: молодь питается чаще и более мелким кормом, товарная рыба питается реже и более крупным кормом, то и конструкции кормораздатчиков разнообразны. Кормораздатчики характеризуются следующими параметрами

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ** - определяет количество корма, раздаваемого кормораздатчиком в единицу времени.

**ВИД КОРМА И ДИАМЕТР ГРАНУЛ** - указывает на назначение данного кормораздатчика для раздачи определенного вида корма, сухого гранулированного корма, тестообразного или того и другого в зависимости от перенастройки аппарата.

**ВМЕСТИТЕЛЬНОСТЬ БУНКЕРА** - определяет периодичность заправки кормораздатчика новой порцией корма.

**ДАЛЬНОСТЬ РАЗДАЧИ КОРМА ИЛИ КОРМОВОЕ ПЯТНО** - этот показатель определяет возможность потребления корма слабыми особями рыбного стада, так как при недостаточно большом кормовом пятне корм поедают только лидеры стада, а более мелкие рыбы вытесняются за пределы кормового пятна и остаются не накормленными.

Существуют три способа раздачи корма рыбе: ручная раздача, раздача по программе и самокормление рыбы из кормораздатчиков, приводимых в действие рыбой.

**РУЧНОЕ КОРМЛЕНИЕ.** Ручной способ раздачи корма в бассейнах и небольших прудах дает хорошие экономические результаты, так как рыбовод имеет возможность наблюдать за поеданием корма рыбой и своевременно прекратить раздачу. Ручная раздача корма была усовершенствована в Японии за счет применения ранцевого кормораздатчика с автономным приводом для разбрасывания гранул. Оператор, перемещаясь вдоль бассейна, раздает корм рыбе, наблюдая за поедаемостью.

Ручная раздача корма в больших водоемах происходит без наблюдения за поедаемостью. Главная задача в этом случае - равномерное распределение корма по акватории. Аппараты для раздачи корма монтируются либо на самоходных шасси, либо на плавсредствах и имеют высокую производительность. Например, универсальный самоходный кормораздатчик Н15-ИЛ2Ф-13, смонтированный на самоходном шасси Т-16М. Кормораздатчик предназначен для прессования гранул из тестообразного корма, а также, после переналадки, для раздачи сухого гранулированного корма. Счетчик со сбросом показаний косвенно выполняет функцию контроля дозированием корма.

Технические данные кормораздатчика Н15-ИЛ2Ф-13:

производительность по тесту - до 700 кг/час;

по гранулам - до 500 кг/час;

вместимость бункера - 0,9 м<sup>3</sup>;

дальность подачи гранул - до 12 м;

диаметр гранул из теста - 7 мм;

сухих - 4-7 мм;

масса аппарата - 2100 кг.

Плавучий кормораздатчик "Грантес-4,5" применяется в хозяйствах для прудов площадью выше 100 га. Это самоходное судно с грузоподъемностью 3,5 т и бункером для корма 4,5 м<sup>3</sup>. Производительность по раздаче сухих гранулированных кормов 10 т/час, тестообразных кормов 5 т/час. Масса 5 т.

**ПРОГРАММИРУЕМАЯ КОРМОРАЗДАЧА.** Ручная раздача корма требует значительных затрат ручного труда, что не всегда приемлемо. Например, при кормлении молоди требуется практически непрерывная раздача корма в течение суток. Кормление рыбы в садках в ненастную погоду также проблематично. Эти проблемы снимаются при автоматической раздаче корма специальными кормораздающими аппаратами, управляемыми командными устройствами. Все многообразие типов программируемых кормораздатчиков, предлагаемых на рынке рыбоводного оборудования условно можно разделить на пять типов.

Тип 1. Кормораздатчики с порционным дозированием гранулированного корма (рис.58). Под бункером с кормом 1 смонтирована камера 2 с подвижным поршнем 3. Корм проваливается в камеру 2 и выталкивается поршнем 3. Количество ходов поршня определяет количество раздаваемого корма. Программирование кормораздатчика заключается в назначении периодов включения кормораздатчика и количества ходов поршня за одно включение.

Тип 2. Вибрационные кормораздатчики (рис.59). Под бункером с кормом 1 с зазором по отношению к бункеру размещается площадка 2, соединенная с вибрационным механизмом 3. В состоянии покоя корм не высыпается в зазор между бункером и площадкой. При включении вибрационного механизма корм скатывается с площадки и попадает в воду.

Для увеличения кормового пятна под площадкой может быть устроен вентилятор, разбрасывающий корм струей воздуха. Программирование кормораздатчика заключается в назначении периодов его включения и длительности включения вибрационного механизма за одно включение. Регулирование зазора между бункером и площадкой изменяет производительность кормораздатчика.

Тип 3. Кормораздатчик с механическим разбрасыванием корма (рис.60). Под бункером с кормом 1 устанавливается с зазором диск 2, оснащенный радиальными ребрами. Диск насажен на вал 3, соединенный с приводом 4. При вращении диска 2 корм захватывается ребрами и разбрасывается по поверхности водоема. Регулированием зазора устанавливается производительность кормораздатчика. Программирование заключается в назначении периодов пуска привода и длительности его вращения за один пуск.

Тип 4. Струйный кормораздатчик (рис.61). Под бункером с кормом 1 устанавливается эжектор 2. При прохождении струи сжатого воздуха или воды гранулы корма захватываются струей. При использовании сжатого воздуха гранулы разбрасываются по поверхности бассейна. При использовании струи воды корм попадает непосредственно в толщу воды. Это обстоятельство намного упрощает процесс кормления в садках и открытых водоемах при неблагоприятных погодных условиях. Садок соединяется с кормораздатчиком, стоящим в укрытии, шлангом, что обеспечивает защиту от непогоды раздающего оборудования и корма. Один струйный кормораздатчик, работающий на воде, может обслуживать несколько садков, если на выходе кормораздатчика установить коммутатор, который будет поочередно подключать шланги подачи корма в садки к выходу из кормораздатчика. По такой схеме выполнена система кормления рыбы в садках "Викинг" (Норвегия).

Тип 5. Ленточные кормораздатчики (рис.62). Корм равномерно насыпается на ленту небольшого транспортера 1, приводимого в движение приводом 2. Такие кормораздатчики используются только для кормления молоди на начальных этапах роста, когда объем корма, подаваемого в бассейны, не превышает емкости ленты. Скорость перемещения ленты обычно составляет 12 - 24 часа. Равномерность хода ленты обеспечивает равномерную непрерывную подачу корма в бассейн.

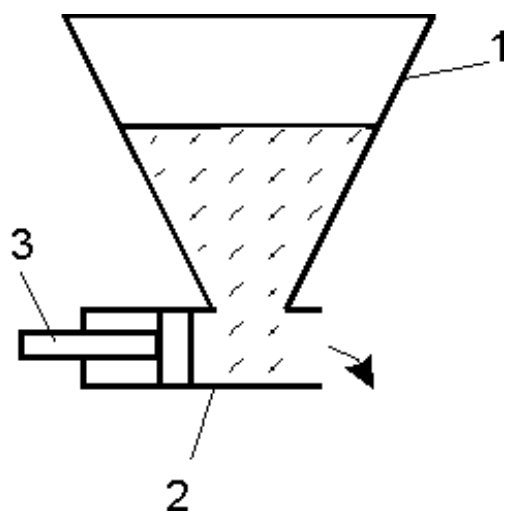


Рис.58. Схема порционного дозирования корма: 1 - бункер; 2 - камера; 3 - поршень.

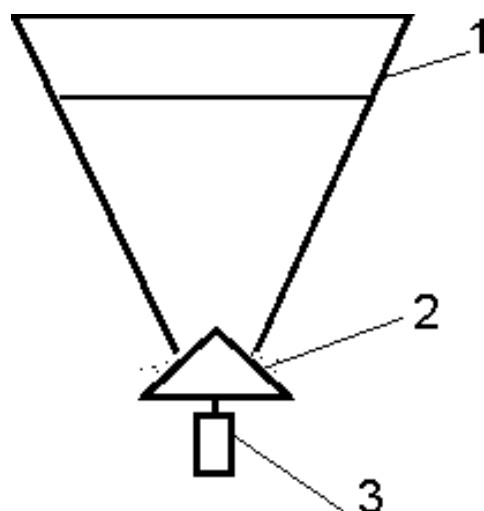


Рис.59. Вибрационный кормораздатчик: 1 - бункер; 2 - площадка; 3 - виб-рационный механизм.

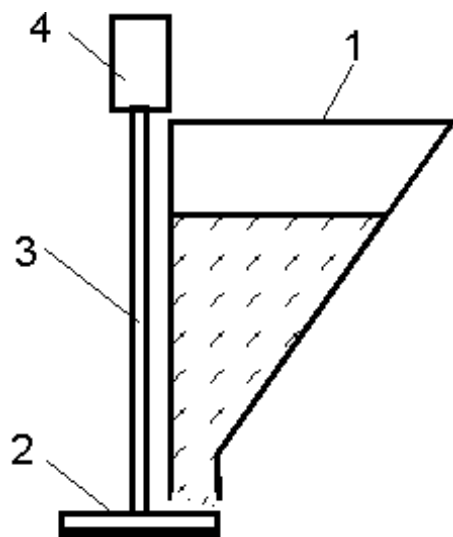


Рис.60. Кормораздатчик с механическим разбрасыванием корма: 1 - бункер с кормом; 2 - диск; 3 - вал; 4 - привод.

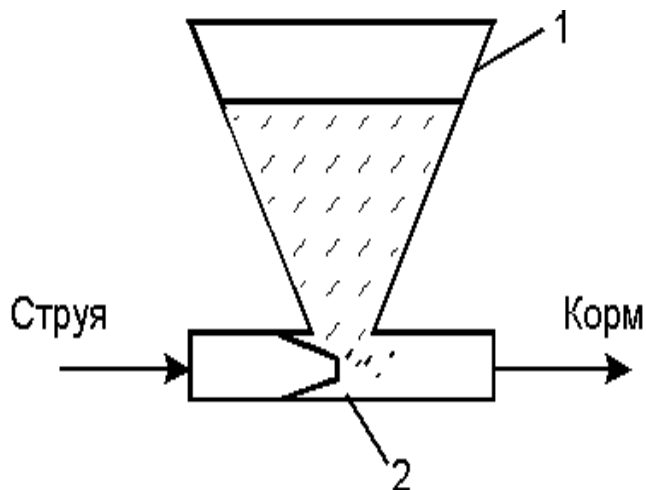


Рис.61. Струйный кормораздатчик: 1 - бункер с кормом; 2 - эжектор.

Ленточный транспортер может быть использован для раздачи значительных объемов корма, если над ним устанавливается бункер с кормом.

Программирование раздачи корма в варианте с бункером сводится к назначению периодов подачи и времени раздачи корма. Выбор кормораздатчика и системы управления к нему зависят от характера выполняемой задачи. При содержании рыбы в небольших бассейнах площадью до 4 - 5 м<sup>2</sup> кормораздатчиками снабжается каждый бассейн. Объем бункера не превышает в этом случае 2,5 - 3 л, что покрывает суточные потребности в корме для одного бассейна. Кормораздатчики однотипных бассейнов комплектуются в группы и подключаются к одному блоку управления. Если потребности отдельных бассейнов в группе различны, то настройка ведется по производительности каждого из подключенных кормораздатчиков.

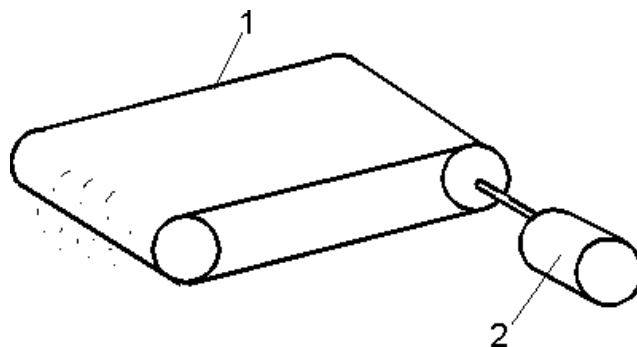


Рис.62. Ленточный кормораздатчик: 1 - ленточный транспортер; 2 - привод.

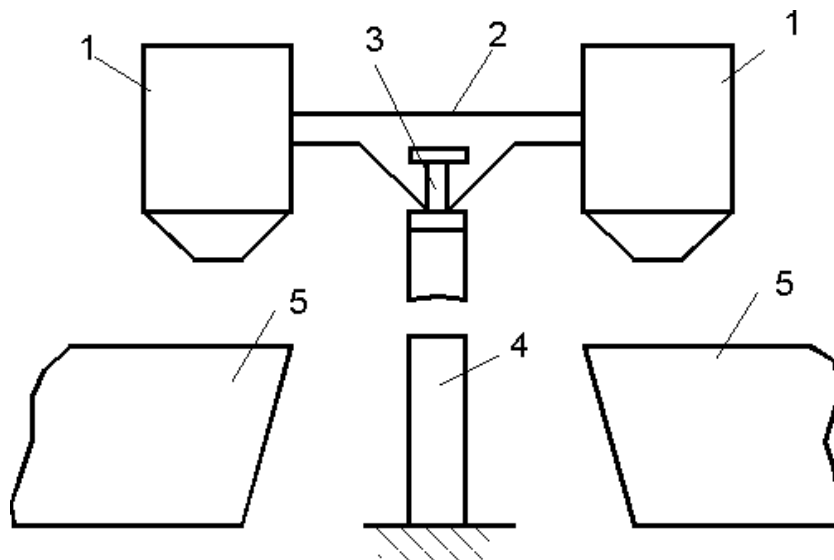


Рис.63. Схема работы передвижного кормораздатчика: 1 - кормораздатчик; 2 - балка; 3 - монорельс; 4 - опорная стойка; 5 - рыбоводный бассейн.

Например, кормораздатчик вибрационно-пневматический Н15-ИЛ2Ф, предназначенный для раздачи корма диаметром от 0,1 до 8 мм с длиной гранул от 0,1 до 15 мм, имеет бункер объемом до 5,5 л, укрепляется на поворотном рычаге, опорой которому служит стойка. Вибратором и вентилятором служит двигатель постоянного тока мощностью 1 Вт с напряжением питания 24 В, что делает кормораздатчик электробезопасным. При работе кормораздатчика кормовое пятно достигает 0,5 м<sup>2</sup>. Кормораздатчики могут комплектоваться в группы по 20 штук и подключаться к блоку управления Н15-ЕВЖ. Блок позволяет программировать продолжительность раздачи корма от 0,1 до 99,9 сек, через интервал 0,1 сек и продолжительность паузы между кормлениями от 1 до 999 мин, через интервал 1 мин. Питание блока от сети переменного тока с напряжением 220 В.

Более сложный вариант раздачи корма с помощью передвижных кормораздатчиков Н15-ИЛФ-18. Схема раздачи корма приведена на рис.63. Два кормораздатчика 1 установлены на балке 2. Балка имеет возможность перемещаться по рельсу 3, установленному на опорных стойках 4. Кормораздатчики обслуживают два ряда бассейнов 5. Вместимость бункера каждого кормораздатчика 50 л, кормовое пятно до 0,5 м<sup>2</sup>. Кормление производится автоматически, с остановкой кормораздатчиков над каждой парой бассейнов.

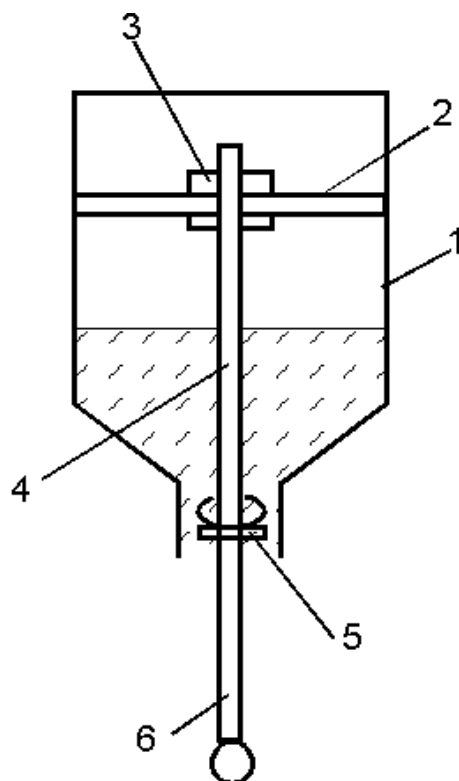


Рис.64. Кормушка «Рефлекс»: 1 - бункер с кормом; 2 - направляющие пластины для винта регулировки кормового столика; 3 - регулирующие гайки; 4 - винт регулировки кормового столика; 5 - кормовой столик; 6 - маятник.

Для крупных товарных бассейнов объем раздаваемого корма достигает сотен кг в сутки. Для этих целей используются кормораздатчики с объемом бункера 150 - 200 л, обеспечивающие разбрасывание корма с кормовым пятном 2 - 3 м<sup>2</sup>. Например, кормораздатчик Н15-ИЛЗФ с объемом бункера 160 л, обеспечивающий кормовое пятно 2 м<sup>2</sup>. Бункер кормораздатчика съемный, что позволяет доставлять к бассейну уже заправленные кормом бункеры и устанавливать их на кормораздающий механизм, оснащенный индивидуальным блоком программирования. Разбрасывание корма осуществляется механически с помощью вращающегося диска с радиальными ребрами. Питание от сети 220/380 В. Если суточная потребность в корме на один товарный бассейн выше емкости бункера одного кормораздатчика, то либо увеличивают число кормораздатчиков, либо заправляют бункеры несколько раз в сутки.

**САМОКОРМЛЕНИЕ.** Автоматическая раздача корма без контроля за поедаемостью приводит к частичной потере корма. Особенно это сказывается в открытых водоемах, где рыба имеет возможность хотя бы частично питаться естественным кормом. Потерь корма можно избежать путем применения кормушек "Рефлекс", разработанных В.В. Лавровским. Принцип действия кормушек "Рефлекс" иллюстрируется на рис.64. В бункере с кормом 1 установлены пластины 2, к которым с помощью гаек 3 крепится винт регулировки высоты 4, связанный с кормовым столиком 5. Столик имеет маятник 6, опущенный в воду бассейна.

Сама рыба приводит кормораздатчик в действие, касаясь маятника 6. Маятник перемещает столик, закрепленный за пластины 2, корм выпадает из зазора между столиком и корпусом бункера. Раздача корма осуществляется только по потребности рыбы. Отмечается, что молодь рыб массой 10 г уже способна потреблять корм из автокормушки.

Простота конструкции автокормушек облегчает их эксплуатацию, поэтому их применяют практически во всех случаях, когда рыба уже способна привести в действие маятник. Однако, при плотных посадках карпа в замкнутых рыбоводных установках (плотность до  $100 \text{ кг/м}^3$ ) наблюдался перерасход корма. Плотный клубок кормящихся рыб продолжает трясти маятник автокормушки до тех пор, пока еще сыплется корм. Автокормушки, выпускаемые промышленностью, кодируются цифрами и буквами: Т - товарная, для кормления товарной рыбы; М - мальковая, для кормления мальков; ИТ-У - универсальная. После индекса следуют цифры, показывающие число устройств, выдающих корм, и емкость бункера в кг корма. Например, кормушка "Рефлекс Т-2-50" предназначена для кормления товарной рыбы, имеет два выдающих устройства на одном бункере емкостью 50 кг гранулированного корма. Обслуживает 4 тыс.шт карпов массой от 25 г и выше. Устанавливается из расчета 1 шт на садок площадью 20 м .

## ПРИБОРНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

Современное рыбоводное хозяйство немыслимо без приборов, решающих разнообразные задачи, связанные с обслуживанием установок. В вопросах оснащения рыбоводных установок приборами контроля и управления среди разработчиков никогда не было единства. Спектр мнений по этому вопросу состоит из самых противоположных точек зрения - от полного неприятия автоматизации, до полной автоматизации без участия человека в процессе управления. Истина, проверенная практикой, находится между этими полюсами. Применение приборов для управления рыбоводными установками имеет определенную специфику, без учета которой приборы общепромышленного назначения к практическому использованию непригодны, или быстро выходят из строя. Главная особенность в том, что вода рыбоводных установок насыщена органическими продуктами жизнедеятельности рыб и частицами биопленки (активный ил), которые в относительно короткие сроки покрывают предметы, попадающие в воду, слоем биопленки, прерывающей контакт между водой и предметом. Это относится и к датчикам приборов, многие из которых перестают действовать после нескольких часов пребывания в воде рыбоводных установок. Классификация приборного оснащения рыбоводных установок приведена на рис.65.

**УЧЕТ.** Приборы учета в рыбоводной установке служат не только для расчета с поставщиками энергоносителей, но и дают информацию о режиме эксплуатации установки в целом. Сравнение показателей расходов по приборам с расчетными значениями расходов (энергии, воды, кислорода, кормов и т.п.) служит основанием для выводов о необходимости коррекции режима работы. Показатели расходов энергоносителей могут свидетельствовать об утечках или аварийных ситуациях в системе.

**СЧЕТЧИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ** должны устанавливать все потребители. Для установок мощностью более 100 кВт следует устанавливать счетчики реактивной энергии. Счетчики, предназначенные для расчета за электроэнергию, должны иметь: пломбу с клеймом государственной проверки на винтах, крепящий кожух, пломбу электроснабжающей организации на зажимной крышке. Выбор, размещение, монтаж и подключение счетчика выполняется специалистами при соблюдении ряда правил. На лицевой панели счетчика указывается его тип, номинальный ток, номинальное напряжение и класс точности. Номинальный ток счетчика для прямого включения: 1, 5, 10, 15, 20, 30, 50 ампер. Для включения с трансформаторами тока используются счетчики на 1 и 5 ампер. В обозначении типа счетчика кодируется: С- счетчик; А - активной энергии; Р - реактивной энергии; 0 - одно-

фазный; 3 - трехфазный, трехпроводный; 4 - четырехфазный, четырехпроводный; И - индукционный; М - модернизированный; У - универсальный. Например: СА3У-670М - счетчик активной энергии, трехфазный, трехпроводный, универсальный, модели 670, модернизированный. СО-2М - счетчик однофазный, второй модели, модернизированный.

**УЧЕТ ГАЗА.** При эксплуатации рыболовной установки возникает необходимость в учете отопительного газа и газообразного кислорода. Учет объемного расхода отопительного газа ведется специальными счетчиками. Если счетчик устанавливается для расчета с поставщиком газа, необходимо убедиться в том, что счетчик данной марки занесен в государственный реестр средств измерений, прошедший государственные испытания. При выборе счетчика по паспортным данным необходимо установить - рассчитан ли он на те расходы газа, которые предполагает потребляющая установка. Например: счетчик газа G6 двухкамерный типа СГМН-1.

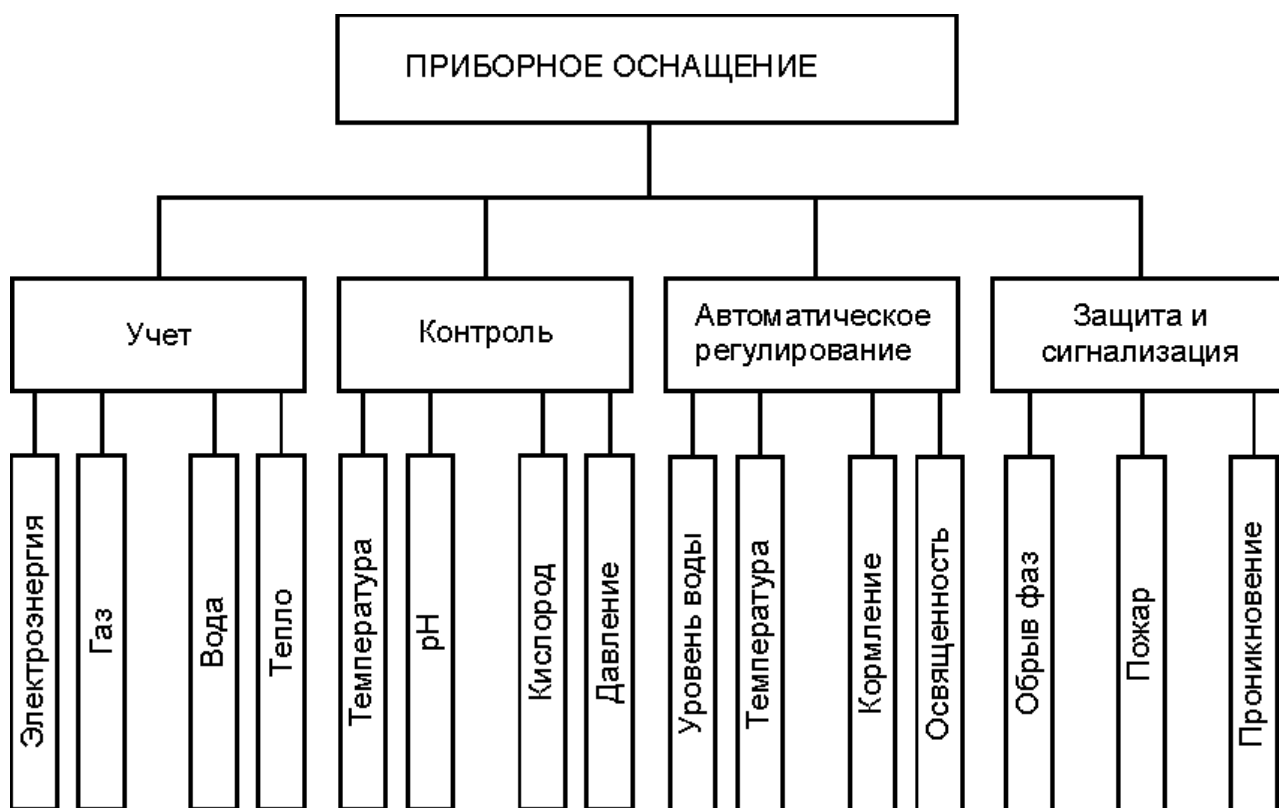


Рис.65. Классификация парка приборов, используемых при оснащении рыболовных установок.

Технические данные:

|                                                                |                             |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| номинальный расход газа                                        | - 6 м <sup>3</sup> /час;    |
| максимальный расход газа                                       | - 10 м <sup>3</sup> /час';  |
| минимальный расход газа                                        | - 0,06 м <sup>3</sup> /час; |
| относительная погрешность: при расходах до 10% от номинального | - ±3%;                      |
| при расходах выше 10% от номинальных                           | - ±2%;                      |
| габариты                                                       | - 223 × 306 × 165 мм;       |
| масса                                                          | - 3,8 кг;                   |
| диапазон рабочих температур                                    | - 5 ... +50 °С              |

диаметр условного прохода трубы - 1 дюйм.

Учет расхода кислорода ведется в зависимости от источника кислорода. Если кислород поставляется стандартными баллонами, то учет ведется по весовому содержанию кислорода в баллоне (примерно 6 кг в баллоне). При поставках жидкого кислорода учет его расхода ведется по приборам газификатора. При использовании сорбционных генераторов кислорода учет удобнее вести по затратам электроэнергии на производство сжатого воздуха.

УЧЕТ РАСХОДА ВОДЫ ведется для расчета с поставщиками воды и в целях регулирования режима работы рыбоводной установки. По принципу действия расходомеры разделяются на скоростные, дроссельные, индукционные и ультразвуковые. Для учета чистой воды, поступающей из водопроводной системы или артезианской скважины, используются водомеры турбинного типа. Для расходов от 1,5 м<sup>3</sup>/час до 15 м<sup>3</sup>/час используются домовые водомерные счетчики с муфтовыми соединениями с трубопроводами от Ду 15 до Ду 50 (табл.43).

Таблица 43.

*Домовые водомеры для холодной и горячей воды  
для давления до 10 кг/кв.см фирмы Е.Верле ГмбХ*

|                                            |         |     |     |       |       |     |
|--------------------------------------------|---------|-----|-----|-------|-------|-----|
| Номинальный расход, м <sup>3</sup> /час    | 1,5     | 2,5 | 3,5 | 6     | 10    | 15  |
| Максимальный расход, м <sup>3</sup> /час   | 3,0     | 5,0 | 7,0 | 12    | 20    | 30  |
| Минимальный расход, л/час                  | 30      | 50  | 70  | 120   | 200   | 300 |
| Условный диаметр, мм                       | 15 - 20 | 20  | 25  | 32    | 40    | 50  |
| Резьба на присоединительном элементе, дюйм | 3/4 - 1 | 1   | 1   | 1 1/4 | 1 1/2 | 3   |

Водомеры на расходы более 15 м<sup>3</sup>/час присоединяются с помощью фланцев. Технические характеристики фланцевых водомеров с горизонтальной вертушкой приведены в табл.44.

Таблица 44.

*Технические характеристики водомеров типа ВТ "Ленводоприбор"*

| Показатель             | Ед. изм             | Марки водомеров |       |        |        |        |
|------------------------|---------------------|-----------------|-------|--------|--------|--------|
|                        |                     | ВТ-50           | ВТ-80 | ВТ-100 | ВТ-150 | ВТ-200 |
| Условный проход        | мм                  | 50              | 80    | 100    | 150    | 200    |
| Номинальный расход     | м <sup>3</sup> /час | 70              | 250   | 440    | 1000   | 1700   |
| Максимальный расход    | м <sup>3</sup> /час | 140             | 500   | 880    | 2000   | 3400   |
| Минимальный расход     | м <sup>3</sup> /час | 3               | 6     | 8      | 12     | 18     |
| Порог чувствительности | м <sup>3</sup> /час | 1               | 2,5   | 3,5    | 5      | 8      |

Уязвимое место турбинных водомеров их высокая чувствительность к чистоте воды. Наличие примесей или посторонних предметов в воде выводит из строя вращающуюся турбинку и весь счетный механизм.

Применение индукционных и ультразвуковых расходомеров решает проблемы измерения расходов загрязненных вод. Чувствительным элементом индукционного расходомера служит электромагнитная система, через которую протекает поток воды, расход которой измеряется. Вода рассматривается как проводник, движущийся в поле катушки. В результате перемещения жидкого проводника в магнитном поле катушки в жидкости наводится электродвижущая сила, которая снимается двумя электродами, расположенными диаметрально в одном поперечном сечении трубопровода.

Индукционные расходомеры марки ИР-61, выпускавшиеся промышленностью СССР, имеют первичные датчики с диаметром условного прохода 10, 15, 25, 50 и 80 мм. Датчики охватывают диапазон верхних пределов скоростей движения воды от 1,25 до 10 м/сек при расходе от 0,3 до 144 м<sup>3</sup>/час. Нижний предел чувствительности датчика равен нулю. Основная погрешность преобразователя равна  $\pm 1\%$  от верхнего предела преобразования. К недостаткам индукционных расходомеров следует отнести зависимость результатов измерений от электропроводности среды.

Ультразвуковые расходомеры предоставляют более широкие возможности для измерения расходов в трубопроводах с диаметром до нескольких метров и в открытых каналах. В этих расходомерах используются ультразвуковые колебания. На трубопроводе 1 (рис.66) монтируются пьезоэлектрические или магнитострикционные элементы 2, служащие - один в качестве излучателя ультразвука, другой - в качестве приемника.

Звуковые волны проходят через движущуюся воду с различной скоростью в зависимости от того, совпадает ли направление движения звука и жидкости или нет. По разности фаз звука генератора и приемника определяется скорость движения воды.

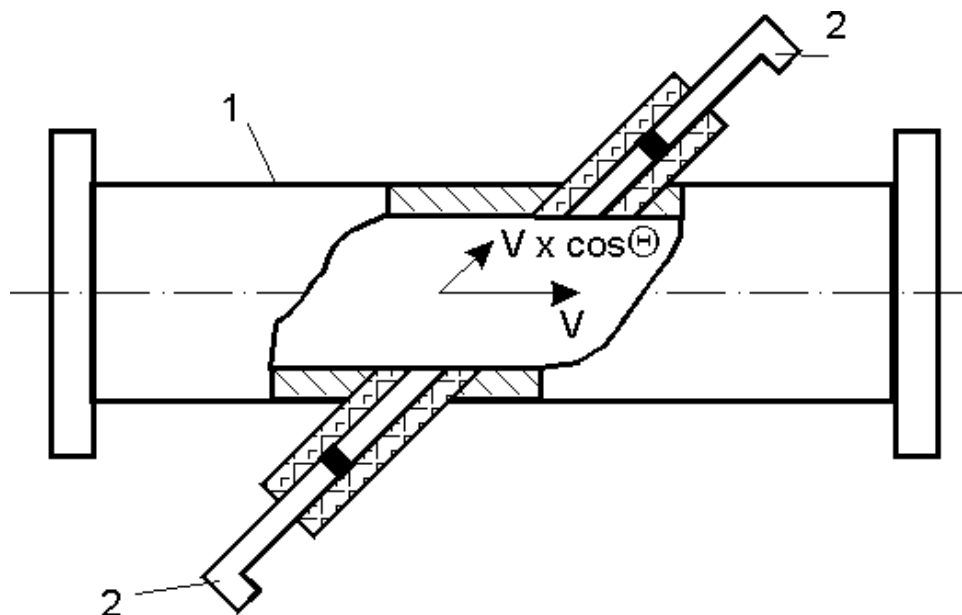


Рис.66. Схема датчика ультразвукового расходомера: 1 - труба; 2 - чувствительный элемент.

Ультразвуковые расходомеры нашли широкое применение в практике измерения расходов воды по трубам. Фирма "Данфос", например, предлагает расходомеры для труб с условным площадным сечением от 10 до 3000 мм. Аналогичное оборудование предлагают фирмы стран СНГ.

При необходимости измерения расхода воды в открытых водотоках, не оборудованных водомерными желобами или мерными водосливами, используют либо гидрологические вертушки, либо измеряют скорость течения воды с помощью поплавков. В качестве поплавков удобно пользоваться полупогруженными бутылками. Для измерения необходимо отметить точки отсчета и расстояния между ними. Измерения производят с повторением 8 - 10 раз. Время прохождения поплавка между точками отсчета измеряется секундомером. Умножив скорость течения на живое сечение воды получим фиктивный расход воды, который приводится к истинному с помощью коэффициента перехода, определяемого для

данного водовода опытным путем. Опыт заключается в одновременном измерении расхода с помощью поплавков и гидрологической вертушкой.

УЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, получаемой потребителем в виде теплоносителя требует учета массового расхода теплоносителя  $G$ , кг и разницы температур теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах. В соответствии с формулой расчета тепловой энергии

$$A = W \times \tau = G \times C \times (t_k - t_n), \quad /68/$$

здесь  $\tau$  - время в часах;

$W$  - тепловая мощность, ккал/час;

$C$  - удельная теплоемкость теплоносителя.

Лучшие современные образцы счетчиков тепловой энергии (рис.67) включают ультразвуковой расходомер теплоносителя 1, датчики температуры теплоносителя 2 в прямом трубопроводе 3 и обратном трубопроводе 4. Сигналы от расходомера и датчиков поступают на вычислительное устройство 5, снабженное таймером 6. Информация о потребленной тепловой энергии и времени работы устройства отображаются в цифровой форме. КОНТРОЛЬ технологических параметров рыболоводной установки условно можно разделить на два вида контроля: контроль гидрохимических параметров воды и контроль физических параметров, характеризующих работу механизмов. Контроль гидрохимических параметров воды в свою очередь делится на контроль на стадии предпроектных изысканий и контроль в процессе эксплуатации.

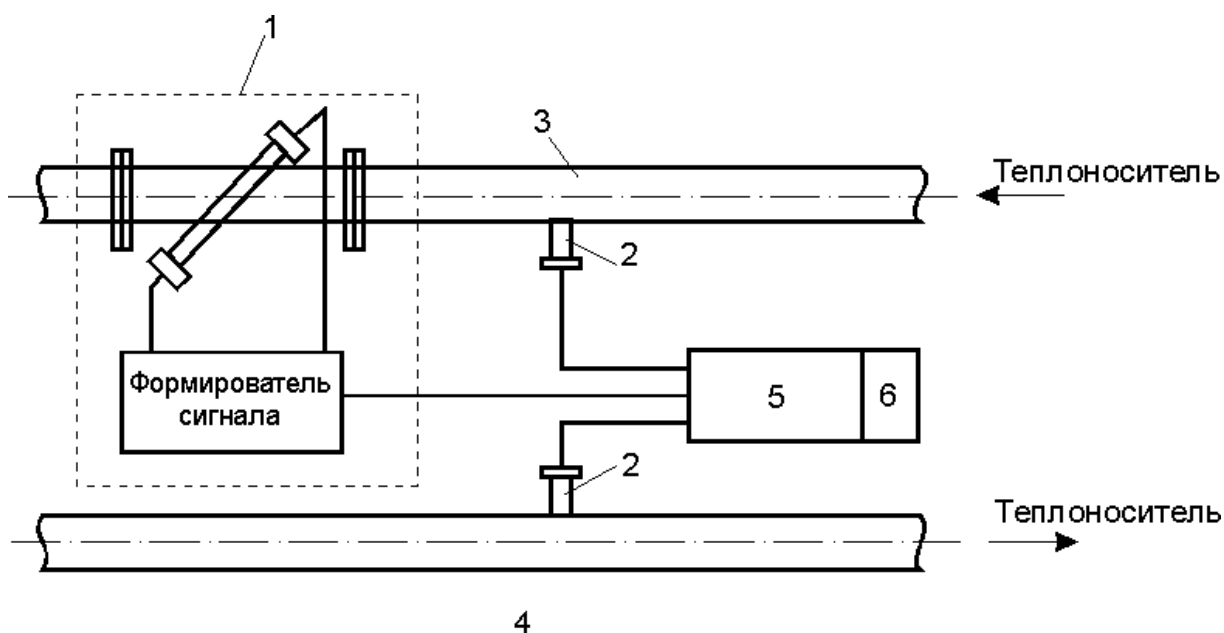


Рис.67. Схема датчика тепловой энергии: 1 - ультразвуковой расходомер; 2 - датчик температуры; 3-4 - трубопроводы подачи и возврата теплоносителя; 5 - вычислитель; 6 - таймер.

На стадии изысканий объем работ по контролю качества воды определяется перечнем гидрохимических показателей, рассмотренным в разделе "Качество воды". По результатам этого анализа делают выводы о возможности работы рыболоводной установки на этой воде. Как правило, такой обширный анализ выполняется специалистами. Для выполнения анализов разработаны химические методики, а также существуют специальные приборы-анализаторы, оснащенные ионоселективными электродами.

Например, производители России предлагают микролабораторию "Экотест-110", поставляемую в стандартном кейсе. Набор ионоселективных электродов комплектуется по списку заказчика из 29 предлагаемых видов электродов, Список параметров, контроли-

руемых в процессе практической работы рыбовода на замкнутой рыбоводной установке, сводится к трем параметрам: температуре, насыщению воды кислородом и pH воды. В проточных системах и прудах достаточно контролировать температуру воды и насыщение ее кислородом. По этим двум параметрам формируется программа кормления рыбы и оценивается состояние водной среды.

В замкнутых рыбоводных установках существует опасность перегрузки системы рыбой и кормом, в результате которой концентрация продуктов азотного загрязнения возрастает до опасных пределов. Прямая оценка концентрации азотных ионов  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  возможна либо путем определения с помощью химических методик, либо путем применения ионоселективных приборов с использованием квалифицированного труда специалистов. Чтобы избежать затрат по прямому определению концентрации азотных ионов, оценка загруженности рыбоводной установки ведется по изменению pH технологической воды, так как изменения pH отражают ход биологических процессов в рыбоводной установке. При запуске установки pH подпиточной и технологической воды совпадают. Обычно это значение лежит в пределах 7 - 8 единиц pH. По мере роста рыбы и количества скармливаемого корма, pH технологической воды снижается и при перегрузке установки может достигнуть значения менее 5,0. При номинальных нагрузках pH воды снижается до 6,0, а устройства регенерации воды установки справляются с задачей фильтрации органических загрязнений. При этом процессы нитрификации и денитрификации текут в пределах биологического фильтра. Активность биоценоза в этом случае максимальная.

При росте нагрузок выше номинальных, pH технологической воды падает, весь процесс переработки азотных продуктов смещается в системе по ходу циркуляции воды и выходит за пределы биофильтра. Если нагрузка на систему уменьшится, то процессы нитрификации будут идти в меньшем объеме, а объем процессов денитрификации не снижается, так как он идет на базе накопленных продуктов в виде различных оседаний рыбоводного осадка и старой биопленки в элементах установки. В результате снижения нагрузки эффект защелачивания воды за счет процессов денитрификации увеличивает pH технологической воды. Эффект защелачивания может поднять pH технологической воды выше pH подпиточной воды.

Контроль гидрохимических параметров воды в рыбоводной установке рекомендуется вести с помощью портативных приборов, которые выносятся на объект только для выполнения измерений, а все остальное время находятся в условиях нормальной влажности и защищенности. Портативные приборы выполняются как измерители одного параметра и комбинированными. Устройство портативных аппаратов для гидрохимических измерений примерно одинаково. Например, ТЕРМООКСИМЕТР, выпускаемый Самарской лабораторией Краснодарского НИИ рыбного хозяйства, представляет собой прибор для оперативного измерения температуры воды и содержания растворенного в ней кислорода. Конструктивно выполнен в виде блока преобразователя и измерительного зонда, соединенного с блоком гибким кабелем. В корпусе зонда размещается электрохимический датчик для измерения концентрации растворенного кислорода и термочувствительный элемент. На лицевой панели блока-преобразователя располагаются цифровой индикатор, шлиц калибровочного потенциометра, выключатель питания, справочный график. Питание прибора от батареи "Крона" - 9 В. Ресурс электрохимического элемента для измерения кислорода не менее 2000 часов.

Пределы измерений и погрешности:

|                 |                                          |
|-----------------|------------------------------------------|
| по кислороду:   | от 0 до 10 мг/л - $(0,2 \pm 0,02)$ мг/л; |
|                 | от 10 до 20 мг/л - $(1 \pm 0,02)$ мг/л;  |
| по температуре: | от 0 до 1 °C - $\pm 0,2$ °C;             |
|                 | от 1 до 40 °C - $\pm 0,5$ °C,            |

Габариты блока  $38 \times 85 \times 182$  мм, зонда -  $\varnothing 20$  мм, длина 120 мм.

Масса блока 0,35 кг, зонда и кабеля 5 м - 0,15 кг.

В настоящее время на рынке средств измерения, предназначенных для рыбоводных целей, имеются приборы непрерывного измерения гидрохимических параметров, электрохимические зонды которых защищены специальными корпусами. Приборы требуют ежедневной протирки защитных корпусов тканью с целью удаления оседаний.

Контроль физических параметров, характеризующий работу механизмов, чаще всего сводится к наблюдению за давлением воды, сжатого воздуха, кислорода. Иногда требуется контроль уровня воды в емкостях.

Контроль давления осуществляется с помощью пружинных манометров избыточного давления: показывающих, самопишущих, электрических с дистанционной передачей показаний. Верхний предел измерения манометров имеет следующий ряд: 0,6; 1,6; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16 и 25 кг/см<sup>2</sup>, Корпуса имеют диаметры 40, 60, 100, 160 и 250 мм. Технические данные показывающих технических манометров приведены в табл.45.

Таблица 45

*Технические данные показывающих пружинных манометров*

| Параметры                          | Тип манометра |                |               |
|------------------------------------|---------------|----------------|---------------|
|                                    | ОБМ-160       | ОБМ1-100       | М-250         |
| Верхний предел измерения, кг/кв.см | 1; 1,6; 6; 10 | 2,5; 4; 16; 25 | 6; 10; 16; 25 |
| Класс точности                     | 1,5           | 2,5            | 1,5           |
| Диаметр корпуса, мм                | 160           | 100            | 250           |
| Масса, кг                          | 1,4           | 0,8            | 2,7           |

Для измерения давления в кислородных сетях применяются специальные манометры, корпуса которых окрашиваются в голубой цвет.

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ** В практике рыбоводных установок применяется автоматическое регулирование уровня воды, температуры, давления. Кроме того, применяется автоматическое управление раздачей корма и освещенностью бассейнов при использовании искусственного освещения.

**РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ.** Автоматическое регулирование уровня применяется в напорных и накопительных баках, в водосборных колодцах и т.п. Для этой цели используются регуляторы-сигнализаторы промышленного назначения: ESP-50, ПРУ-5М (РОС-501), Мертик.

Сигнализатор ESP-50 имеет три параллельно действующих канала, позволяющих независимо друг от друга сигнализировать о трех уровнях в одной, двух или трех различных емкостях. Сигнализатор применяется для звуковой и оптической сигнализации и как чувствительный элемент системы автоматического регулирования уровня. Принцип действия сигнализатора поясняется схемой на рис.68. Нижний конец электрода Э<sub>н</sub> размещается в баке на уровне контроля. Там же размещается контрольный электрод Э<sub>к</sub>. Оба электрода соединены с источником переменного тока 6 В через сопротивление R, а также с входом усилителя У, к выходу которого присоединено реле Р. Если вода не достигает уровня электрода Э<sub>н</sub>, то электрическое сопротивление среды R<sub>с</sub> между электродами велико и усилитель включает реле Р. Если электроды залиты водой, то сопротивление R<sub>с</sub> снижается за счет проводимости воды и шунтирует вход усилителя. Реле Р отключается. Контакты реле Р служат для формирования сигналов звуковой и световой сигнализации, а также ис-

пользуются для управления дополнительными устройствами регулирования уровня (насосы, клапаны, вентили).

Комплект поставки ESP-50 включает три зонда длиной до 3 м в отрезках по 1 м и блок электронного реле с четырьмя сигнальными лампами, установленными на его крышке. Габариты блока  $250 \times 150 \times 130$  мм, масса 2,25 кг.

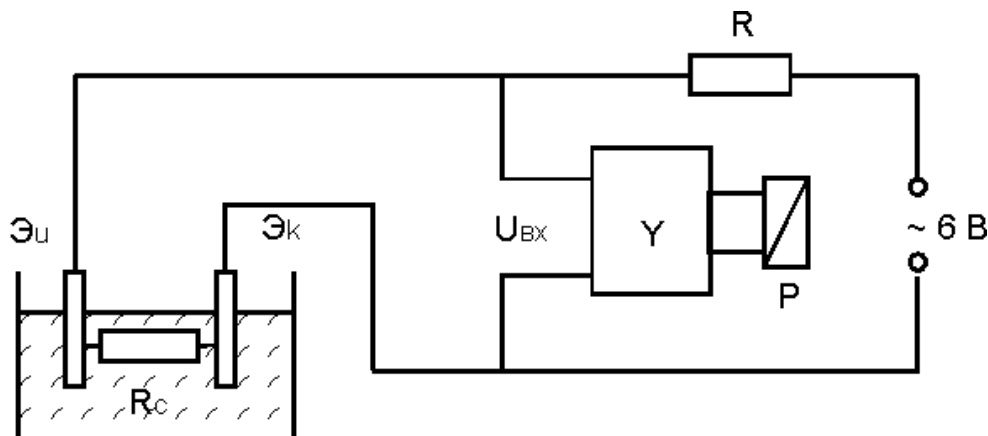


Рис.68. Принцип действия сигнализатора уровня ESP-50.

Регуляторы ПРУ-5М (РОС-501) и Мертик представляют собой поплавковые регуляторы уровня, оснащенные датчиком уровня в отдельном корпусе и полупроводниковым реле в отдельном блоке. Схема функционирования поплавкового регулятора уровня ПРУ-5М (новая маркировка РОС-501) приведена на рис.69.

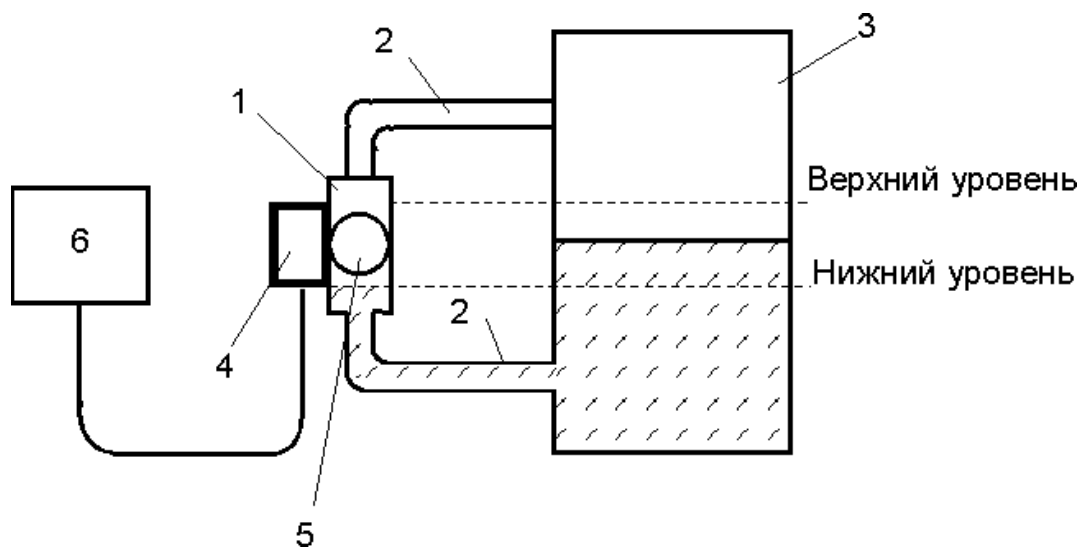


Рис.69. Схема поплавкового регулятора уровня ПРУ-5М (РОС-501): 1 - корпус датчика; 2 - соединительные трубки; 3 - емкость с водой; 4 - чувствительный элемент; 5 - поплавок; 6 - реле электронное.

Корпус поплавкового датчика 1 соединен трубками 2 с емкостью, в которой регулируется уровень воды. На немагнитном корпусе датчика укреплен чувствительный элемент 4, реагирующий на перемещение поплавка 5 в корпусе. Чувствительный элемент связан с

блоком полупроводникового реле 6. Блок 6 формирует сигналы управления для исполнительных органов, влияющих на уровень жидкости в емкости 3.

Регулятор работает таким образом, что при перемещении поплавка выше верхнего уровня или ниже нижнего уровня происходит переключение реле. Разница верхнего и нижнего уровней не более  $35 \pm 15$  мм.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ воды применяется как в прямоточных, так и замкнутых системах. При регулировании температуры в замкнутой системе, достаточно применения двухпозиционного регулятора. Регулятор включает подачу тепла при снижении температуры до нижней границы зоны нечувствительности регулятора и выключает подачу тепла при выходе температуры за верхнюю границу зоны нечувствительности. В качестве такого регулятора служат, например, электроконтактные термометры, предназначенные для замыкания и размыкания цепи электрического тока с целью поддержания температуры типа ТПК с диапазоном температур  $0 - +50$  °С с погрешностью  $\pm 1$  °С.

Несколько сложнее устроены манометрические регуляторы температуры на базе комбинированного реле КРМ с датчиком температуры в виде термобаллона, соединенного с реле капиллярной трубкой.

Для регулирования температуры путем изменения количества подаваемого в теплообменник теплоносителя применяются автоматические регуляторы в составе: датчик температуры марки ТСМ, электронный блок управления, электрическое исполнительное устройство и регулирующий клапан на трубе подачи теплоносителя. Электронный регулятор может быть снабжен программами для понижения температуры в определенное время суток или дней недели. Регуляторы выпускаются под названием "Электроника Р-2", регулятор отпуска теплоты "Рацион".

Регулирование температуры воды в проточных системах используется при содержании производителей, инкубации икры и подращивании личинок. Регулирование часто выполняется путем изменения, расходов смешиваемых холодной и горячей воды, поступающих в общую емкость, которая чаще всего служит расходным баком. К этой емкости подключаются потребители воды - инкубаторы, личиночные бассейны и т.п. Процесс регулирования температуры, при использовании метода смешения вод, испытывает дополнительные возмущающие воздействия в виде переменного расхода через напорную емкость и изменения давления воды в двух подающих трубопроводах холодной и горячей воды. Задача регулирования температуры в расходной емкости решается параллельно с задачей поддержания постоянного уровня воды в емкости при ее переменном расходе.

Схема решения этой задачи, разработанная И.В.Проскуренко, приведена на рис.70. Относительная простота решения делает схему доступной и малозатратной в реализации. В схему входит напорная емкость 1, в которой выгорожена камера 2. В емкости расположен распылитель воздуха 3, в камере 2 расположен чувствительный элемент электроконтактного термометра типа ТПК 4, подключенного к соленоидному клапану типа СВМ, врезанному в трубу подачи горячей воды 5. На трубе холодной воды устанавливается регулятор уровня прямого действия 6, работающий по принципу регулятора в напорном бачке унитаза. Схема работает следующим образом. Холодная и горячая вода смешиваются в камере 2 и, перетекая через переборку камеры, попадают в емкость 1, где вода тщательно дегазируется путем барботажа сжатым воздухом. Барботаж необходим для удаления избытка насыщения воды азотом, возникающего при нагревании холодной воды. Регулирование температуры осуществляется путем открывания или закрывания подачи горячей воды по сигналу электроконтактного термометра. Подача холодной воды регулируется регулятором уровня прямого действия. При открывании клапана 5 на подаче горячей воды уровень

в баке 1 несколько возрастает, что вызывает снижение подачи холодной воды. Если расход воды из бака 1 отсутствует, то подача холодной воды запирается регулятором 6, а подача горячей воды прекращается после достижения температуры в камере 2 выше границы зоны нечувствительности регулятора.

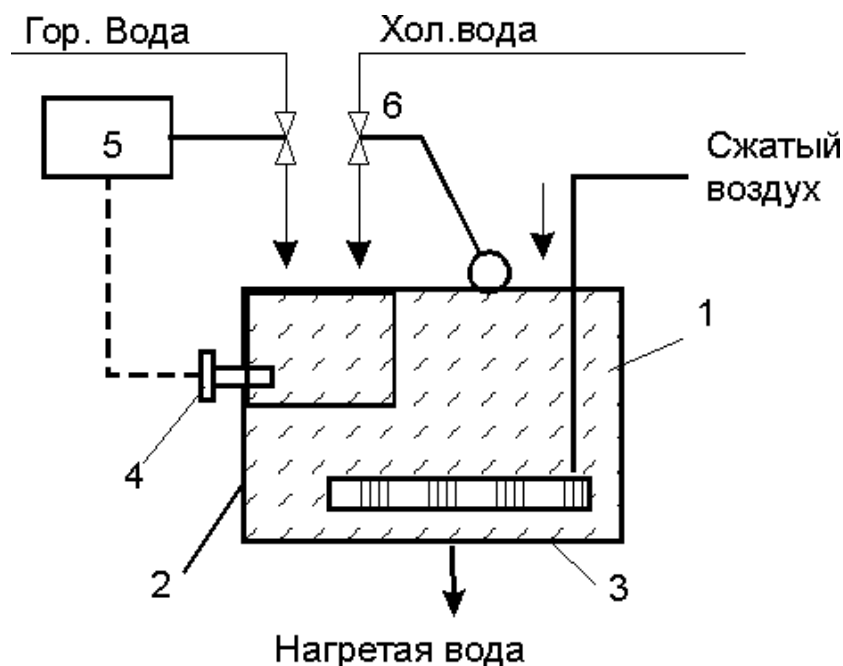


Рис.70. Схема регулирования температуры путем смешения двух вод: 1 - напорный бак; 2 - камера смешения; 3 - распылитель сжатого воздуха; 4 - электроконтактный термометр; 5 - соленоидный клапан; 6 - регулятор уровня прямого действия.

Ситуация, в которой полностью прекращается подача холодной или горячей воды, считается аварийной.

Качество регулирования температуры по схеме на рис.70 зависит от чувствительности регулятора температуры. Хотя горячая вода подается в релейном режиме, скачков температуры на выходе воды из емкости 1 не наблюдается, так как пики температуры сглаживаются при перемешивании сжатым воздухом.

Производительность установки зависит от максимальных значений расхода горячей и холодной воды.

Более сложную установку для регулирования температуры путем смешивания горячей и холодной воды предлагает Самарская лаборатория Краснодарского НИИ рыбного хозяйства. Управление осуществляется с помощью АСУ-ТПВ, подающей сигналы на электроздвижки, установленные на трубах холодной и горячей воды. Управляющее воздействие формируется на основании анализа величин сигналов датчиков температуры, давления и уровня воды. В АСУ-ТПВ предусмотрена необходимость поддержания необходимого запаса холодной и горячей воды, работает предупредительная и аварийная сигнализация, предусмотрена возможность перехода на резервное электропитание.

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОРМЛЕНИЕМ И ОСВЕЩЕНИЕМ** осуществляется с помощью средств, формирующих временные программы. Программы кормления описаны в разделе "Кормораздатчики". Управление технологическим освещением применяется при выращивании ценных пород лососей с целью увеличения светового дня в северных широтах.

Для формирования временных программ используются реле времени различных модификаций: электромеханические, электронные. Для формирования программ с повторяющимся суточным циклом применяется программное реле времени 2РВМ, предназначенное для независимого управления двумя электрическими цепями. Реле имеет диск с отверстиями для штифтов, который вращается часовым механизмом с электроподзаходом с резервом хода 48 часов без электропитания. Цена деления по одной программе 15 мин, до второй - 20 мин. Продолжительность цикла 24 часа.

Для формирования программ длительностью менее суток широко использовались электромеханические реле типа ВС-10, выпускавшиеся в двух исполнениях: с тремя переключающими контактами и с шестью переключающими контактами. Варианты исполнения реле перекрывают диапазон выдержек от 2 сек до 24 часов.

Современные средства контроля и управления, формирующиеся на базе полупроводниковых приборов, имеют более широкие возможности, компактны, имеют низкую энергоемкость по сравнению с электромеханическими приборами. При выборе современных средств контроля и управления важно использование приборов, созданных на одной элементной базе одним разработчиком. Например, состав, предлагаемых разработчиками Беларуссии (г.Минск) средств, позволяет сформировать пульт управления рыбоводной установки. В состав комплекта приборов входит:

- цифровое устройство для измерения температуры от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+180^{\circ}\text{C}$  с одним или несколькими (до восьми) датчиками температуры;
- микропроцессорные терморегуляторы ТРМ-1, 2, 3, 4, 5 для температур от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+1200^{\circ}\text{C}$  двух- и четырехпозиционные, с защитой от перегрева, с сохранением установленных параметров регулирования при длительном аварийном отключении электропитания;
- пульт централизованного наблюдения, позволяющий видеть на табло информацию о работе восьми терморегуляторов, имеющих встроенный интерфейс;
- блок силовой тиристорный для управления нагревателем в трехфазной сети от терморегуляторов или таймера;
- устройство автоматического управления уровнем воды (поддержание заданных верхнего и нижнего уровней в емкости и контроль уровня в скважине);
- микропроцессорные универсальные таймеры (бесконечная последовательность циклов, четыре установки включения и выключения внутри каждого цикла, программируемая длительность одного цикла от минуты до года с сохранением установленных параметров при аварийном отключении электропитания);
- устройство защитного отключения трехфазных электродвигателей при обрыве и перекосе фазы, превышении номинального тока, перегреве и нарушении изоляции обмотки статора, для электродвигателей от 1,6 до 250 кВт;
- устройство защитного отключения для предотвращения поражения человека электрическим током;
- устройство "Тревога" для охраны помещения от затопления, возгорания и проникновения посторонних лиц.

## ИНКУБАТОРЫ

Инкубирование икры и последующее выращивание личинок рыб до жизнестойкой стадии - самые сложные производственные процессы в рыбоводстве. От того, в каких условиях была инкубирована икра и выращивались личинки, и чем кормили личинок при переходе на активное питание, зависят дальнейшие технологические показатели при выра-

щивании товарной рыбы: скорость роста, выживаемость, усвояемость корма, сроки наступления половой зрелости.

Освоение технологии инкубации икры в фермерских хозяйствах может оказаться экономически оправданным в сравнении с технологией рыбоводства, основанной на приобретении посадочного материала. Перевозка оплодотворенной икры в пакетах дешевле доставки посадочного материала живорыбным транспортом. Кроме того, перевозка икры расширяет временные границы осуществления технологических процессов и диапазон выбора видового состава культивируемых рыб. Инкубационные аппараты воспроизводят условия содержания икры, близкие к оптимальным в природной среде. По условиям содержания все инкубационные аппараты можно разделить на две группы: I - аппараты, предназначенные для икры, которую рыбы закапывают в грунт проточных водоемов; II - аппараты для икры, которую рыбы оставляют плавать в толще воды или приклеивают к камням, водной растительности и другим субстратам.

**I ГРУППА.** В грунт закапывают икру лососевые, в том числе дальневосточные лососи, атлантический лосось, форель и др. Инкубация икры в грунте имеет следующие особенности: неподвижность икры, отсутствие света, невысокое содержание кислорода в воде, низкие температуры, хорошее омывание икры водой, длительные сроки инкубации, склонность к поражению икры сопролегией. Сроки инкубации икры лососевых оцениваются обычно в количестве градусо-дней, необходимых от момента оплодотворения до выклева. Так, например, для кеты при потребном количестве градусо-дней 500 и 5 °C потребуется 100 дней до выклева, при 6 °C - 83 дня. Требования к качеству воды рассматриваются на примере инкубирования икры форели. В естественных условиях форель нерестится при температуре воды от 0,3 до 13 °C, при 5 - 7 C происходит нормальное развитие, в диапазоне температур от 5 до 14 °C получают хорошие результаты.

Для личинок температура не должна подниматься выше 14 °C. Повышенное содержание кислорода вредно для развития икринок, так как ослабевает развитие кровеносных сосудов, замедляется рост рыб, происходит ранний выклев, повышается отход икры. Нижний порог концентрации кислорода 6 - 7 мг/л, содержание CO<sub>2</sub> не выше 10 мг/л, pH - 6,3 - 7,5. Омывание икры со скоростью не ниже 0,6 м/сек. В процессе инкубации икра должна быть затенена. Периодически проводится профилактическая выборка отмершей икры и промывка икры дезинфицирующими растворами с целью избежания сопролегии.

Из всего многообразия инкубационных аппаратов для икры лососевых следует выделить два типа: аппараты с горизонтальным током воды и вертикальным током. Наиболее типичен для аппаратов с горизонтальным током воды инкубатор Аткинса (рис.71). Это пластмассовый или деревянный короб 1 шириной и высотой 33 - 35 см и длиной от 80 до 400 см. В передней части короба отделена переборкой 2 камера для подачи воды. Переборка 2 не доходит до дна на 2 см. В задней части короба устроена переборка 3, которая не доходит до верхней кромки короба на 5 - 6 см. В средней части короба устанавливаются каркасы для рамок 4. Каркасы представляют собой деревянное основание, по углам которого установлены металлические угольники для формирования стопок рамок 5. Каждая рамка имеет размер 32 × 32 см, каждая стопка имеет 8 - 10 рамок, пространство между рамками 0,5 - 0,8 см. Количество стопок зависит от длины короба (от 2 до 6 стопок). Стопки занимают все пространство между переборками водоприемной и водосбросной камер, причем верхняя рамка в стопке граничит с верхним уровнем воды, так что для движения воды остаются только пространства между рамками и икрой. На каждой рамке размещается 2,5 - 3 тыс. икринок. Расход воды рассчитывается по количеству икринок 1 - 1,5 л/сек на 1 млн. икринок.

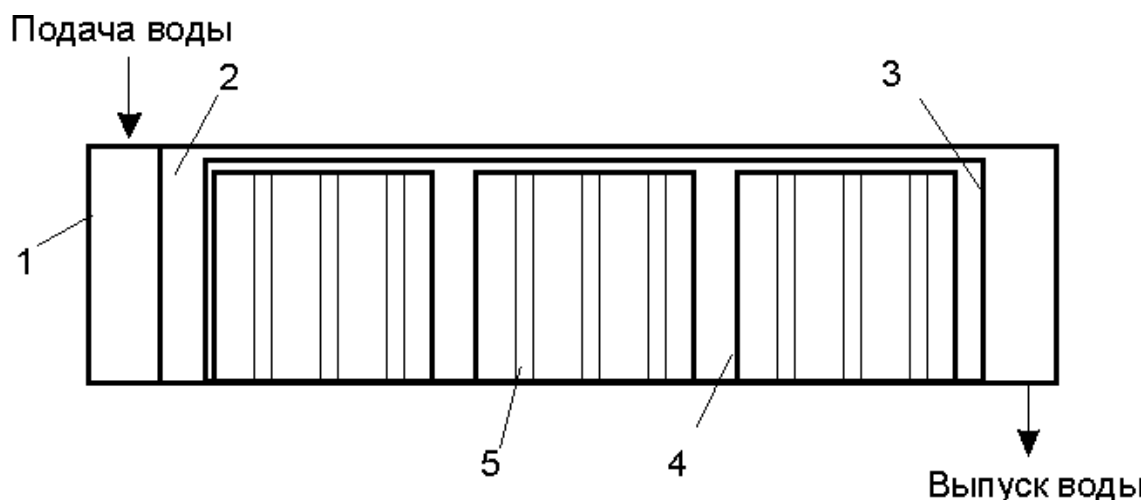


Рис.71. Схема инкубатора Аткинса: 1 - короб; 2 - передняя переборка; 3 - задняя переборка; 4 - каркас для рамок; 5 - рамки.

Инкубирование икры в аппаратах с горизонтальным током воды не создает повторения процесса водоснабжения икры в природных гнездах. Нерестовые гнезда строятся в таких местах, где движение воды происходит снизу вверх под углом к горизонту, то есть на выходах аллювиальных вод. Это было учтено в аппарате системы ИМ (инкубация многослойной икры). Аппарат ИМ состоит из 10 емкостей для икры, составленных в две стопки по 5 емкостей и объединенных едиными каркасами. Высота аппарата 1,2 м, длина 0,8 м, ширина 0,4 м. Каждая емкость для икры (рис.72) представляет собой два цилиндрических сосуда, вложенных один в другой. Внешний цилиндрический сосуд 1 открыт сверху и имеет сплошное дно 2, в котором установлена сливная труба 3, закрытая сверху сеткой 4. Внутренний цилиндрический сосуд 5 имеет сетчатое дно 6, а сверху он закрывается крышкой 7.

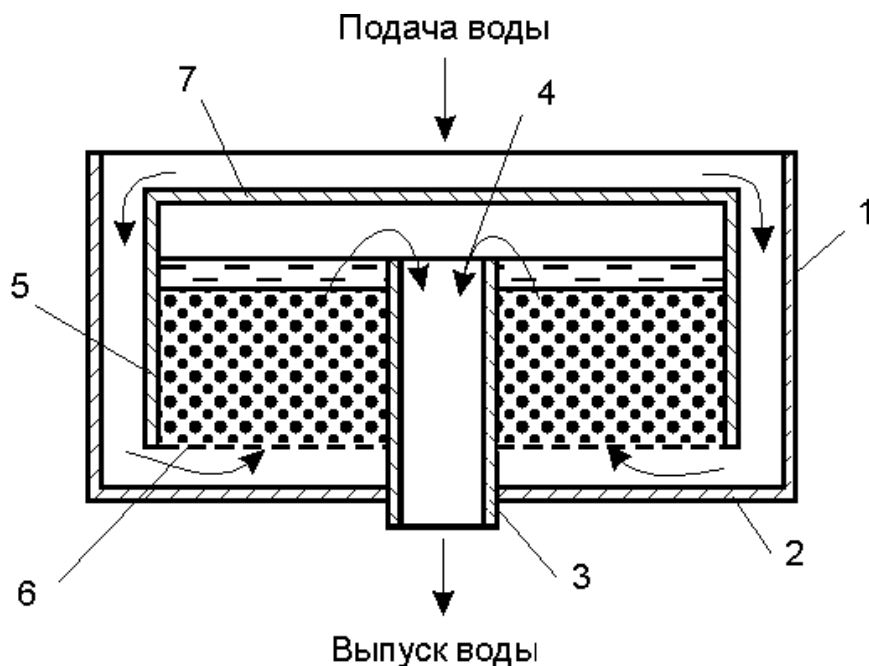


Рис.72. Емкость для икры инкубационного аппарата вертикального типа ИМ: 1 - внешний сосуд; 2 - дно; 3 - сливная труба; 4 - сетка; 5 - внутренний сосуд; 6 - сетчатое дно; 7 - крышка.

Икра размещается на сетке 6 внутреннего сосуда слоем 8 - 10 см, то есть в 10 - 15 рядов, в количестве 30 тыс. шт на сосуд и закрывается крышкой. Заполненные икрой сосуды устанавливаются в секции каркаса двумя вертикальными рядами. Таким образом, в один инкубационный аппарат ИМ, занимающий площадь 0,5 кв.м, вмещается 300 тыс. икринок.

Вода подается в аппарат ИМ на верхние ящики в стопках и, стекая по крышке 7, проникает в зазор между внутренним и внешним цилиндрическими сосудами и проходит через икру снизу вверх. Далее вода стекает в трубу 3 и попадает на стоящий ниже ящик. Пройдя пять ящиков стопки аппарата, вода сливается.

Для контроля процесса развития икры ящики выдвигаются из своего гнезда вместе с площадкой, на которой они установлены. Площадка закреплена на вертикальной поворотной оси. Доступ к икре открывается после снятия крышки 7. В аппарате можно инкубировать икру и содержать личинок вплоть до стадии перехода на внешнее питание.

Потребность в расходе воды для аппарата ИМ значительно ниже, чем в аппаратах с горизонтальным током воды. На 1 млн. икринок в аппарате ИМ требуется 0,83 л/сек.

В случае отсутствия необходимого количества и качества воды на весь срок инкубации икры, водоснабжение инкубаторов может быть организовано по замкнутому циклу. Система устраивается таким образом, что вода после инкубаторов попадает в биологический фильтр, проходит через отстойник, насыщается кислородом до 95% равновесного насыщения и возвращается на инкубаторы. Биофильтр вводится в действие за 1 - 2 месяца до начала инкубации икры с помощью искусственного загрязнения. При необходимости часть воды замещается свежей. С началом выклева и при выдерживании личинок в систему подается 25 - 50% свежей воды в сутки. Благодаря отсутствию внешнего питания выклюнувшихся личинок нагрузка на биологический фильтр невелика, что облегчает задачу поддержания гидрохимических параметров в нужных границах. Температурный режим обеспечивается путем автоматического регулирования, что позволяет проводить работы вне сезонов года.

II ГРУППА инкубационных аппаратов предназначена для икры, развивающейся в толще воды. В естественных условиях икра либо плавает в воде, либо приклеивается к субстрату. По такому типу развивается икра карповых и осетровых рыб, являющихся популярными объектами культивирования в странах СНГ. К их числу относится икра карпа, сазана, карася, леща, толстолобика, белого амура, белуги, осетров, стерляди, а также сомовых и кефалевых рыб. Длительность инкубационного периода икры этих рыб значительно ниже, чем лососевых, от нескольких часов до 15 сут. Главное условие существования и развития икры - состояние взвешенности в воде инкубатора. Это достигается взвешиванием икры с водой в емкости инкубатора, покачиванием в воде ящиков с икрой и т.п.

Для крупномасштабного производства промышленностью выпускаются инкубационные аппараты под названиями "Амур", "Осетр", "Карп". Инкубационный аппарат "Амур" рассчитан на одновременную инкубацию 4,5 млн. икринок карпа или 1,5 млн. икринок растительноядных рыб. Аппарат "Осетр" рассчитан на закладку 40 кг икры белуги или 32 кг икры севрюги.

Более мелкие партии икры инкубируются в аппаратах "Вейса" (рис.73). Инкубатор состоит из стеклянной конической колбы объемом 8 л 1, на открытое горло которой одевается пластмассовый или резиновый приемник воды 2 с водоотводящей трубкой 3. В узком нижнем выходе колбы 4 устанавливается вентиль 5, к которому через тройник подсоединены шланги трубопроводов подачи воды и сжатого воздуха 6 и 7 с установленными на них вентилями 8 и 9. Инкубатор предназначен для обесклеивания икры и ее инкубации. При закрытом вентиле 5 колбу заполняют водой и помещают в нее оплодотворенную икру. Если обесклеивание происходит в колбе, то в нее добавляют обесклеивающий препа-

рат и снизу подают сжатый воздух, которым перемешивают икру до полного обесклеивания. По завершению обесклеивания подача воздуха прекращается, а в аппарат подают снизу воду таким образом, чтобы струя воды поддерживала икринки во взвешенном состоянии. Проклюнувшиеся личинки уходят с током воды в личиночный бассейн. Расчетный расход воды на один 8 литровый аппарат составляет 1,5 л в мин. Количество закладываемых икринок зависит от размера икры. Например, икры омуля загружается в один аппарат до 250 тыс.шт, икры осетровых до 10 - 15 тыс.шт.

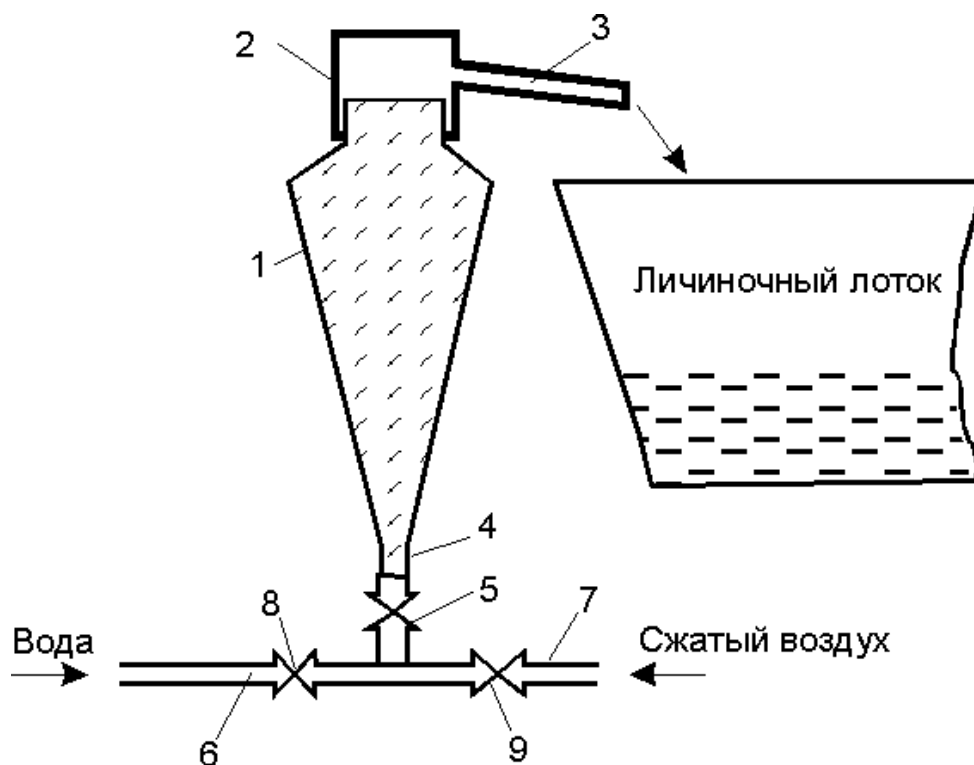


Рис.73. Инкубатор «Вейса»: 1 - коническая колба; 2 - приемник воды; 3 - трубка; 4 - нижний патрубок; 5,8 и 9 - вентили; 6 - трубопровод для воды; 7 - трубопровод сжатия воздуха.

Для крупномасштабного производства 8-литровые аппараты "Вейса" объединяются в блоки. Например, инкубатор "Иртыш" состоит из 32 аппаратов, стойка инкубационная СИ-60 состоит из 60 аппаратов "Вейса".

Особенностью условий обитания икры в толще воды пресноводных водоемов является то, что в результате фотосинтезирующей деятельности водной растительности содержание кислорода в воде поднимается в дневное время значительно выше уровня равновесного насыщения, иногда до 300%. Это является нормой для инкубирования икры карпа. Снижение уровня насыщения воды кислородом даже до 70% от равновесного насыщения для инкубируемой икры карпа становится летальным. Инкубирование икры при 100% насыщении воды дает результаты ниже, чем при насыщении воды до 300% и выше. На стадии инкубации при пересыщении воды кислородом снижается отход икры карпа, а на последующих стадиях развития личинки обладают более высокой жизнестойкостью и скоростью роста. Оксигенация воды техническим кислородом при инкубации икры карпа повышает эффективность рыбоводства.



## **СОБСТВЕННОЕ РЫБОВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

Настоящий раздел содержит примеры создания собственного рыбоводного хозяйства с использованием нестандартного оборудования, разработанного И.В.Проскурено, и оборудования, выпускаемого промышленными предприятиями в России и за ее пределами.

### **ДОМАШНЯЯ РЫБОВОДНАЯ УСТАНОВКА**

Создание рыбоводной установки для семейного пользования преследует различные цели: выращивание товарной рыбы, передержка живой товарной рыбы, выращивание декоративных рыб и т.п. С помощью рыбоводной установки достигаются также цели, значение которых трудно оценить в стоимостном выражении. Прежде всего, это досуг членов семьи, берущих на себя заботы о содержании в должном порядке рыбоводной установки и ее обитателей. Эти заботы влекут за собой интерес к жизни живой природы, общения с которой так не хватает городским жителям. Уход за рыбоводной установкой, требуя определенных знаний законов живой природы, повышает экологическую грамотность человека, формирует эстетическое восприятие живого. Не менее важно и то, что небольшая рыбоводная установка оживляет интерьер дома, холла в офисе, помещение кафе и т.п. Для этой цели разработан демонстрационный бассейн-аквариум (рис.74).

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ БАССЕЙН-АКВАРИУМ предназначен, для демонстрации и длительного содержания при температуре окружающей среды рыб массой от 5 г до 3 - 4 кг. Может быть использован как элемент интерьера холлов, магазинов, ресторанов, выставок. Привлекает оригинальностью вида демонстрируемых живых водных объектов. Вызывает неподдельный интерес широкого круга посетителей детей и взрослых.

Установка состоит из бассейна для рыбы и биологического фильтра, размещенных в едином корпусе. Бассейн с рыбой закрывается остекленной крышкой и подсвечивается двумя люминисцентными светильниками. Фильтр закрывается крышкой из полированной нержавеющей стали. Вода в установке непрерывно циркулирует по замкнутому контуру. Из бассейна вода вместе с остатками жизнедеятельности рыбы самотеком поступает в фильтр, фильтруется и насосом подается в аэрационный лоток, после чего вновь поступает в бассейн. Прозрачность воды сохраняется и при длительной эксплуатации установки. Накопившийся в фильтре осадок периодически удаляется.

Технические данные:

Габариты: длина - 2,55 м; ширина - 1,05 м; высота - 1,05 м.

Материал корпуса - нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т, возможен вариант изготовления из черной стали с последующей окраской специальными красками.

Вместимость по воде - 1200 л,

Сухая масса установки - 170 кг.

Максимальная загрузка рыбой - 40 кг.

Потребление свежей воды в пик загрузки - 50 л/сут.

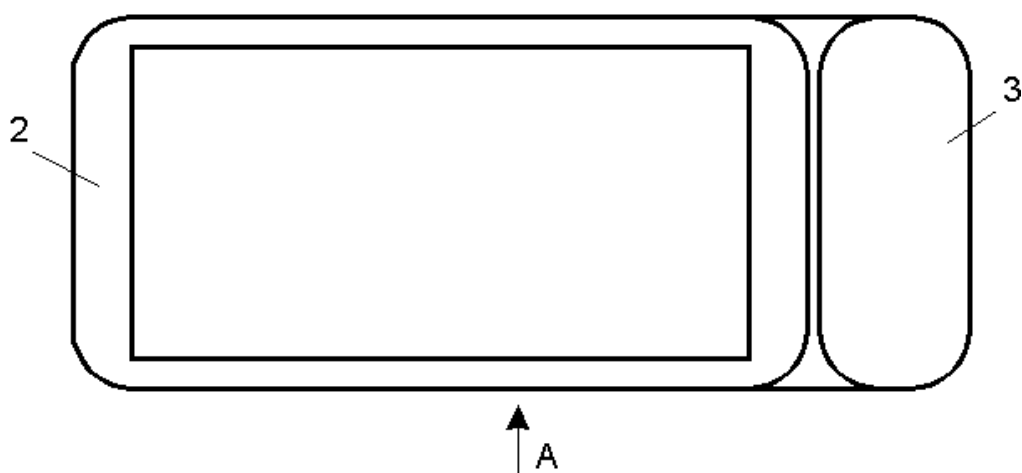
Потребление электроэнергии 6 кВт.ч/сут.

Обслуживание бассейна-аквариума заключается в кормлении рыбы, удалении из фильтра через вентиль рыбоводного осадка, пополнения бассейна свежей водой, соблюдении чистоты. При максимальной загрузке рыбой трудозатраты составляют 1 час в день. При содержании рыбы без кормления чистка производится один раз в неделю.

Ограничений на содержание рыб пресных водоемов в бассейне-аквариуме не имеется. Наиболее эффективна демонстрация осетровых рыб массой 1 - 3 кг. Возможна демонстра-

ция форели при температуре не выше 21 °С. Материал установки позволяет содержать в ней морские виды при любой солености воды.

#### ПЛАН



#### Вид А

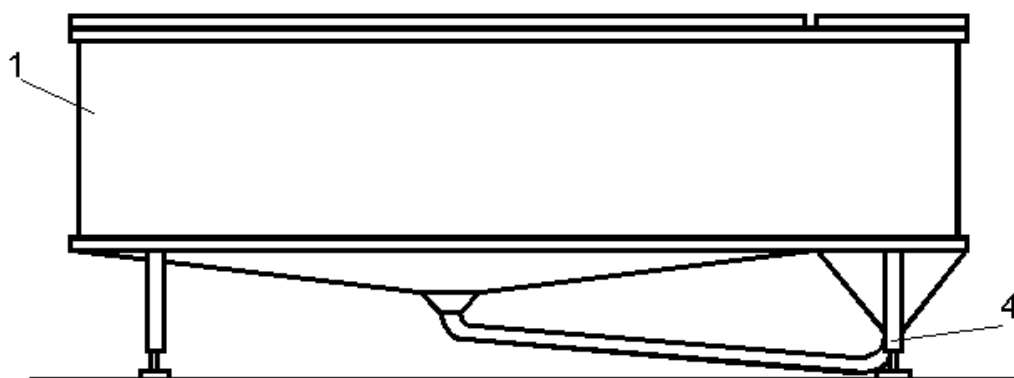


Рис.74. Конструкция демонстрационного бассейна: 1 - общий корпус; 2 - крышка бассейна; 3 - крышка фильтра; 4 - опора.

#### ДОМАШНЯЯ МИНИ-УСТАНОВКА

Домашняя рыбоводная установка может быть построена с использованием типовых рыбоводных бассейнов, выпускаемых промышленными предприятиями. Водоснабжение бассейна замыкается через отдельно стоящий биологический фильтр (рис.75). Для этой цели разработан небольшой капельный биофильтр диаметром 0,8 м, предназначенный для работы в паре с бассейном объемом до 2 м<sup>3</sup>. За базовый вариант принят бассейн Н15-ИЛ2У-1 производства СКТБ «Севзапрыбпрома», изготавливаемый в двух вариантах: круглый и квадратный.

Технические данные бассейна Н15-ИЛ2У-1:

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Площадь водной поверхности | 3,14 - 3,9 м <sup>2</sup> . |
| Глубина слоя воды          | до 0,48 м.                  |
| Длина                      | 2225 м.                     |
| Ширина                     | 2050 м.                     |
| Высота                     | 1030 м.                     |

Масса

до 100 кг.

Устройство биофильтра 0,8 м.

Биофильтр совмещает в одном изделии безнапорный гидроциклон-отстойник и капельный фильтр. В нижнем баке, имеющем конусное дно, устроен входной патрубок для подачи воды из нижней точки бассейна. Выходной патрубок устроен таким образом, что поток воды закручивается в корпусе фильтра, и крупные частицы грязи оседают на дно. Осветленная вода подается насосом на решетку-рассеиватель, находящуюся в верхней части капельного фильтра. С решетки-рассеивателя вода падает на три лотка с сетчатым дном, поставленные один над другим. Лотки заполняются полиэтиленовой гранулой, служащей субстратом для оседания загрязнений и образования биопленки. Очищенная в фильтре вода стекает в бассейн.

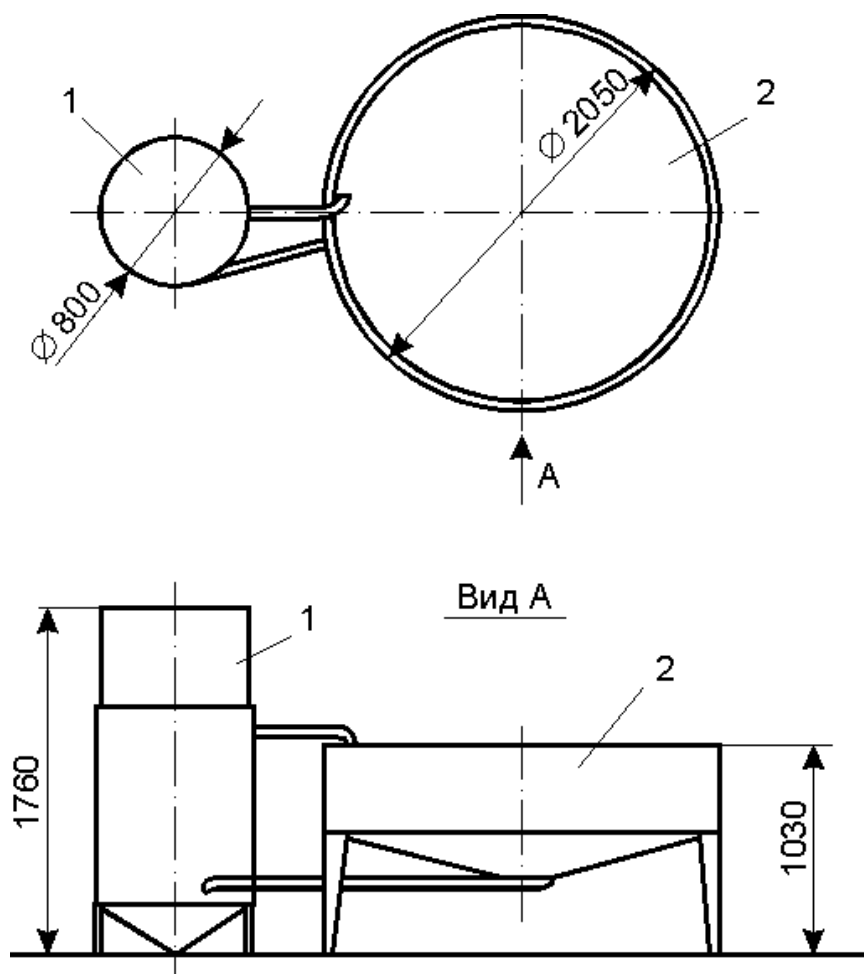


Рис.75. Конструкция рыбоводной установки: 1 - «биофильтр 0,8»; 2 - бассейн.

Фильтр устроен таким образом, что каждый из лотков с гранулой может быть изъят без приостановки циркуляции воды, и подвергнут промывке с удалением осадка.

#### Технические данные фильтра 0,8 м.

Габариты: диаметр

0,8 м.

|                                      |                        |
|--------------------------------------|------------------------|
| высота                               | 1,76 м.                |
| Материал корпуса                     | нерж.сталь 12Х18Н10Т   |
| Сухая масса                          | до 100 кг.             |
| Масса полиэтиленовой гранулы         | до 36 кг.              |
| Производительность по очищаемой воде | 2 м <sup>3</sup> /час. |

Обслуживание фильтра заключается в ежедневном удалении грязи, накопившейся в конусной части гидроциклона, через вентиль выпуска грязи. Промывка гранулы в лотках осуществляется в зависимости от нагрузки системы рыбой и кормом, но не чаще одного раза в неделю. График промывки гранулы в лотках уточняется в процессе эксплуатации установки. Домашняя рыбоводная установка в обоих предлагаемых вариантах обеспечивает содержание с кормлением товарной рыбы в количестве не более 15 - 16 кг. Это дает ежедневный прирост массы рыбы в среднем 0,15 кг, что позволит владельцу отловить один раз в неделю килограмм товарной рыбы. При использовании установки для содержания живой рыбы с минимальным поддерживающим рационом кормления масса рыбы в установке может быть доведена до 40 кг. Необходимо следить за содержанием кислорода в воде бассейна и, возможно, потребуются дополнительная аэрация воды с помощью микрокомпрессоров или иных источников сжатого воздуха.

Плотность посадки рыбы в миниустановке может быть повышена за счет использования более интенсивной аэрации или путем использования оксигенаторов для насыщения воды техническим кислородом.

Содержание рыбы в установках, оснащенных биологическими фильтрами, делает технологическую воду отличной питательной средой для выращивания растений. Если установка используется в основном для декоративных целей, то возможен частичный отбор циркулирующей воды для полива комнатных растений, с последующим добавлением в установку свежей воды. В этом случае полив и подкормка растений осуществляются одновременно. В случае использования рыбоводной установки в качестве источника питательной среды для гидропонного выращивания, размещение установки и гидропонных грядок, подключенных к ней, осуществляется в соответствии с климатическими условиями района. При выращивании томатов домашняя рыбоводная установка способна обеспечить питание до 30 кустов растений, дающих урожай в сезон выращивания в среднем 4,5 кг на куст. Использование технологической воды рыбоводной установки для выращивания овощных культур обеспечивает созревание плодов в более ранние сроки при высоком качестве плодов. Благодаря сбалансированности азотных продуктов в технологической воде рыбоводной установки и их невысокой концентрации по сравнению с питательными растворами в классической гидропонике, продукция не накапливает излишка нитратов, которые портят вкус плодов и сокращают сроки их хранения.

## ФЕРМЕРСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Фермерское хозяйство является товарным производством, поэтому его создание должно быть обосновано бизнес-планом, в котором оценивается возможность сбыта продукции, ее цена и себестоимость. Масштаб производства определяется не только возможностью сбыта продукции, но и возможностями обслуживания хозяйства членами одной семьи.

Рыбоводная установка в составе фермерского хозяйства служит не только источником прибыли от реализации выращенной рыбы, но и органично вписывается в систему выра-

щивания сельскохозяйственных культур, как источник органических удобрений. Замкнутая рыбоводная установка поставляет удобрения в двух формах: концентрированный жидкий рыбоводный осадок и технологическую воду рыбоводной установки, как готовый питательный раствор для гидропонного выращивания и полива растений.

Сбор и подготовка удобрений, получаемых от сельскохозяйственных животных, более трудоемки и менее технологичны в сравнении с удобрениями, получаемыми от рыбоводства.

Экстенсивное рыбоводство в прудах также хорошо вписывается в сельскохозяйственное производство, особенно при выращивании уток и гусей.

Для фермерского хозяйства, обслуживаемого одной семьей, разработана замкнутая рыбоводная установка "Фермер-1". Назначение фермерской установки "Фермер-1"

- круглогодичное выращивание товарной рыбы ценных видов (форель, осетровые) из посадочного материала массой 40 - 50 г до товарной массы,
- круглогодичное снабжение теплиц, работающих по принципу гидропоники, питательной средой, в качестве которой выступает технологическая вода рыбоводной установки;
- получение рыбоводного осадка - ценного жидкого удобрения.

Компоновка установки приведена на рис.76. Установка содержит четыре бассейна по 6 м<sup>3</sup> каждый, биологический фильтр объемом 23 м<sup>3</sup>, насосную станцию, накопительный бак, оксигенатор, генератор кислорода, работающий по принципу сорбции, компрессор для снабжения сжатым воздухом генератора кислорода, оборудование для подпитки установки свежей водой, газовый водонагреватель, шкаф управления, кормораздатчики. Все оборудование размещается в помещении 8 × 11 м высотой 4,2 м.

Водоснабжение бассейнов, обеспечивающее приток кислорода для дыхания рыбы и вынос продуктов ее жизнедеятельности, создается за счет циркуляции воды по замкнутому контуру. Вода с экскрементами рыбы поступает в биологический фильтр, очищается и нагнетается далее насосом в оксигенатор, затем вновь поступает в бассейны. Накопившийся в биофильтре рыбоводный осадок периодически удаляется в накопитель. Потери воды за счет испарения и удаления с осадком восполняются.

Регулирование температуры подпитывающей воды осуществляется в газовом проточном водонагревателе. Подпитка горячей водой компенсирует тепловые потери установки.

Источником кислорода служит сорбционный генератор кислорода, работающий по принципу разделения сжатого воздуха на технический кислород и азот. Содержание чистого кислорода на выходе из аппарата составляет около 95%. Установка работает в автоматическом режиме.

Для питания гидропонной тепличной установки подключается параллельная линия циркуляции технологической воды. Оборудование для гидропонного выращивания растений в комплект установки "Фермер-1" не входит.

Рыбоводный осадок накапливается и используется по мере необходимости для подкормки растений.

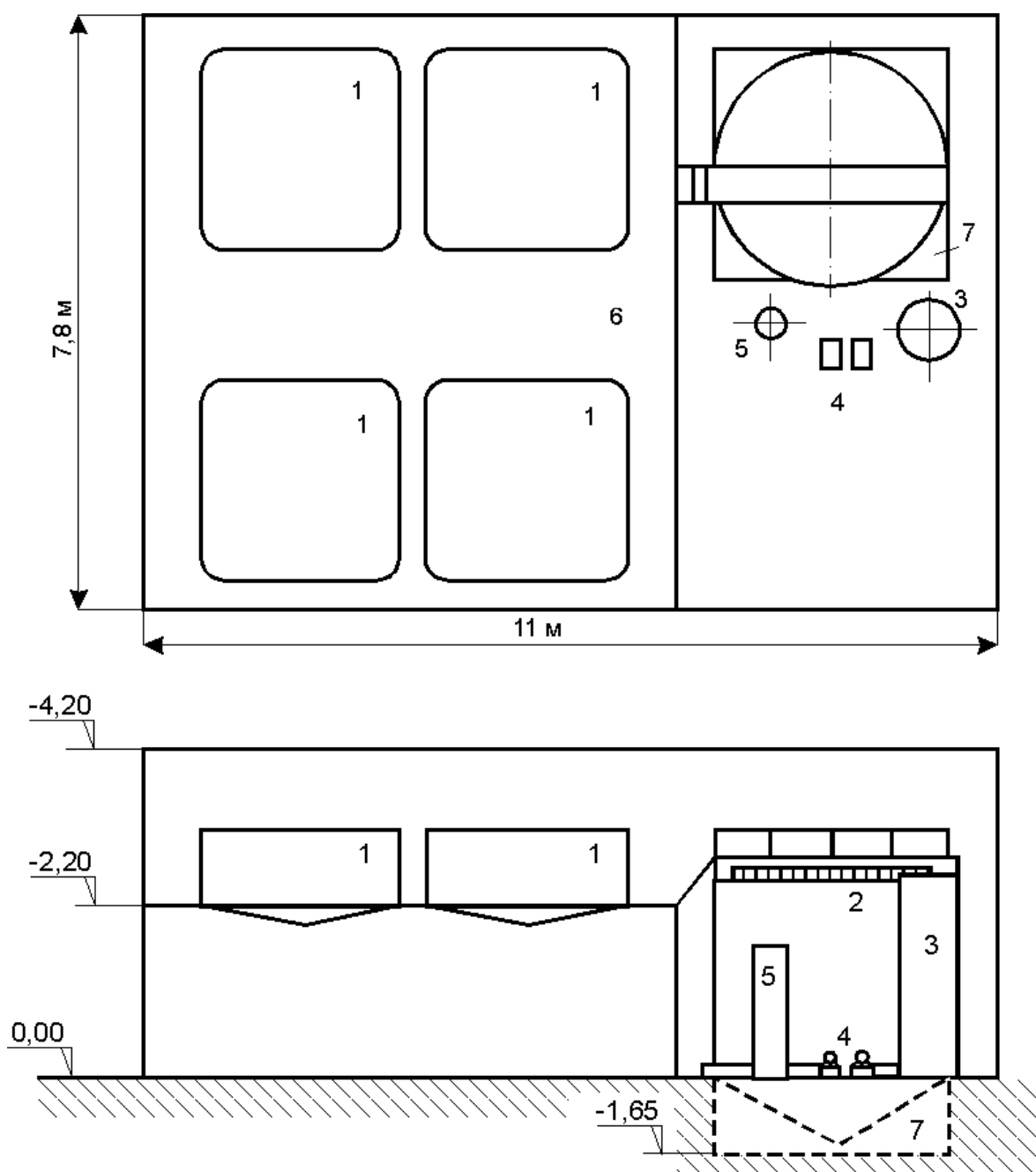


Рис.76. Компонировка рыбоводной установки «Фермер-1»: 1 - бассейн 6 м<sup>3</sup>; 2 - биофильтр 23 м<sup>3</sup>; 3 - накопительный бак; 4 - насос; 5 - оксигенатор; 6 - площадка обслуживания; 7 - приямок.

#### Технические данные установки "Фермер-1":

|                                                                   |                             |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Производительность по рыбе(осетровые штучной массой от 1 до 3 кг) | 4 т/г                       |
| Потребность в посадочном материале (осетровые)                    | 2000 шт/год.                |
| Потребность в гранулированных кормах                              | 5 т/год.                    |
| Ориентировочная потребность в энергоносителях:                    |                             |
| электроэнергия                                                    | 45 тыс.кВт.ч/год.           |
| природный отопительный газ                                        | 2 тыс. м <sup>3</sup> /год. |

Оrientировочные показатели подключаемого гидропонного хозяйства:

|                                             |                          |
|---------------------------------------------|--------------------------|
| площадь гидропонных грядок                  | до 1000 м <sup>2</sup> . |
| расчетная урожайность за сезон выращивания: |                          |
| огурцов                                     | 30 т.                    |
| томатов                                     | 20 т.                    |

Обслуживание рыбоводной установки "Фермер-1" включает в себя следующие ежедневные операции:

- заправка кормораздатчиков гранулированным кормом;
- удаление через вентиль рыбоводного осадка;
- контроль качества воды по показаниям приборов;
- контроль работы насосов и газового водонагревателя.

### **ЗАМКНУТАЯ ИНКУБАЦИОННО-ЛИЧИНОЧНАЯ УСТАНОВКА**

Для фермеров-рыбоводов, обладающих достаточно высоким уровнем профессиональной подготовки, предметом товарного производства может быть посадочный материал, получаемый из икры. Приобретение и доставка икры значительно дешевле, чем посадочного материала. Источником икры могут быть также производители, содержащиеся в рыбоводных установках различного типа (пруды, садки и т.п.) или отловленные в природе.

Стабильному получению качественного потомства в нерегулируемых условиях часто препятствуют погодные и иные условия. Например, недостаточный прогрев воды источника, низкое содержание кислорода из-за цветения водорослей, различные загрязнения и т.п. Использование замкнутых рыбоводных установок позволяет получать посадочный материал в любые заданные сроки, нужного размера и качества.

Замкнутая инкубационно-личиночная установка предназначена для инкубации икры, подращивания личинок и молоди. Базовый вариант установки рассчитан на инкубацию икры в аппаратах Вейса с повышенным содержанием кислорода в воде, подаваемой на инкубационные аппараты. При замене инкубационных аппаратов возможен переход на инкубацию икры лососевых,

Установка включает в себя инкубационную стойку с 10 аппаратами Вейса, 15 бассейнов типа Н15-ИЛ2У-1, биофильтр объемом 23 м<sup>3</sup>, напорный бак, насосную станцию, оксигенатор, напорный бак инкубации, генератор кислорода, работающий по принципу сорбции, компрессор для снабжения сжатым воздухом генератора кислорода, оборудование для подпитки установки свежей водой, газовый водонагреватель и кормораздатчики. Все оборудование размещается в помещении 170 м<sup>2</sup> высотой 4,2 м (рис.77).

Перед началом инкубации установка заполняется свежей водой и включается циркуляция до установления нужного температурного режима в системе. Инкубация производится либо при повышенном содержании кислорода в воде (выше 100% насыщения), либо при 100% насыщении воды.

Вылупившиеся личинки размещаются в 15 бассейнах, уровень воды в которых с ростом личинок повышается. При переходе молоди на активное питание живыми и гранулированными кормами растет потребление кислорода. Коррекция содержания кислорода в воде осуществляется регулированием оксигенатора.

#### **Технические параметры инкубационно-личиночной установки:**

|                                                                                 |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Количество восьмилитровых инкубаторов Вейса                                     | - 10 шт.                         |
| Количество бассейнов типа Н15-ИЛ2У-1                                            | - 15 шт.                         |
| Суммарная площадь водной поверхности бассейнов                                  | - 50 - 60 м <sup>2</sup> .       |
| Производительность по молоди осетровых<br>массой 10 - 15 г                      | - 20 - 25 тыс.шт.                |
| Ориентировочная потребность в энергоносителях<br>за период подращивания 90 сут: |                                  |
| электроэнергия                                                                  | - 10 тыс.кВт.ч/кварт             |
| отопительный газ                                                                | - 0,6 тыс.м <sup>3</sup> /кварт. |

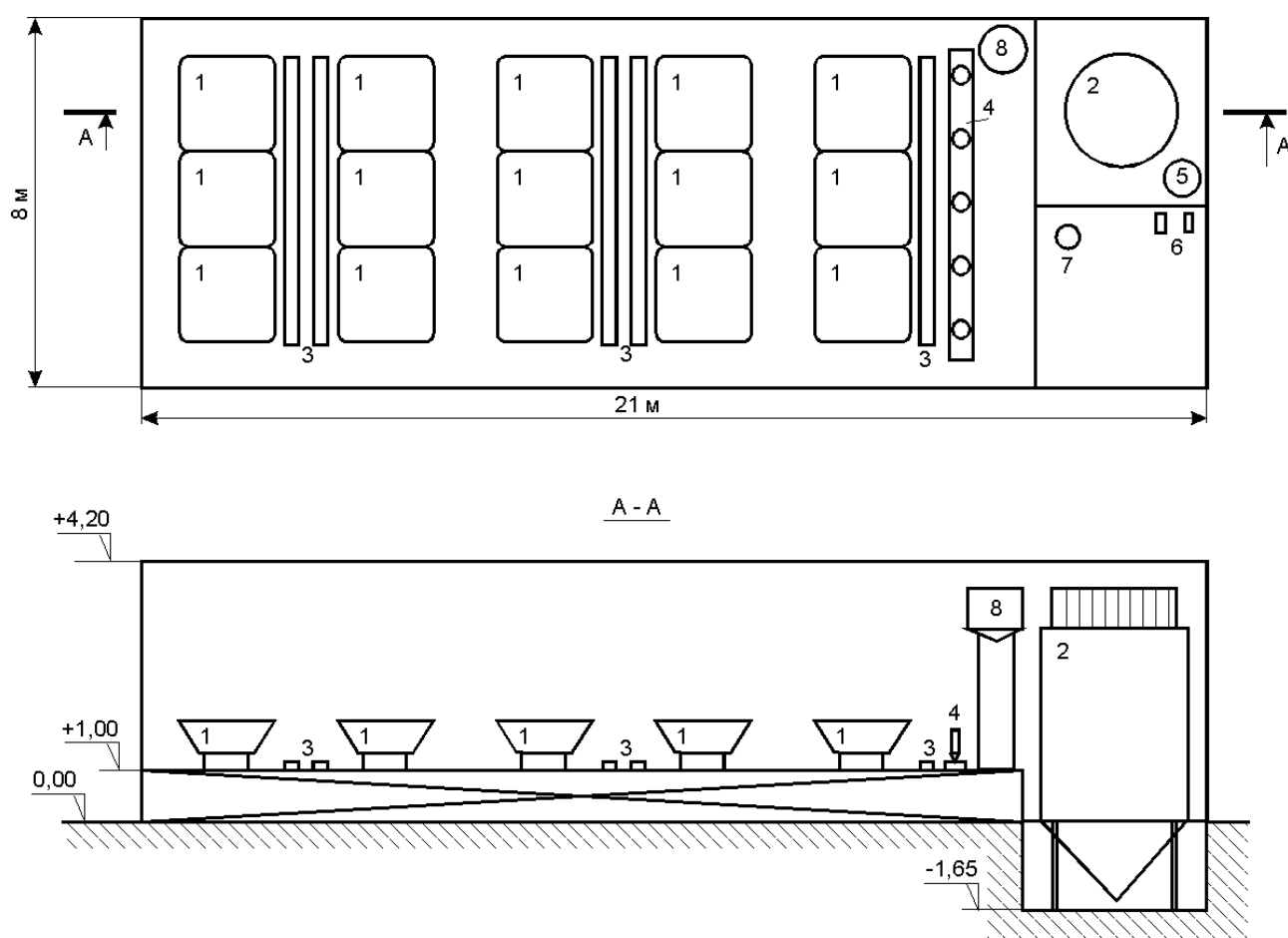


Рис.77. Вариант компоновки инкубационно-личиночной установки: 1 - личиночный бассейн 1,5 м<sup>3</sup>; 2 - биофильтр 23 м<sup>3</sup>; 3 - лоток сбора воды; 4 - инкубационная стойка; 5 - накопительный бак; 6 - насос; 7 - оксигенатор; 7 - напорный бак инкубации.

### ТОВАРНЫЙ МОДУЛЬ

При ориентации производства рыбы на реализацию товарной продукции мелкими партиями достаточно иметь бассейны объемом не более 10 м<sup>3</sup>. Регулярное изъятие рыбы поочередно из мелких бассейнов предпочтительней изъятия ее из одного большого бассейна, так как при облове у рыбы возникают стрессы, сопровождающиеся отказом от корма и потерей массы. Увеличение размера бассейна оправдано при создании предприятия, рассчи-

танного на реализацию рыбы достаточно крупными партиями. Для оснащения такого производства разработан товарный рыбоводный модуль с двумя бассейнами объемом по 60 м<sup>3</sup> каждый. Ориентировочная производительность модуля по осетровым, выращиваемым из посадочного материала 40 - 50 г. до товарной штучной массы 1 - 3 кг, составляет 20 т/год.

Модуль разработан в двух вариантах, отличающихся наличием или отсутствием механического фильтра с плавающей загрузкой. Блок-схема модуля, оснащенного механическим фильтром, приведена на рис.78. В схему входят бассейны с рыбой 1, механические фильтры с плавающей загрузкой 2, двухкамерный накопительный бак 3, биологический фильтр 4, бактерицидный облучатель 5, водоводяной теплообменник 6, оксигенатор 7, насосы 8 и 9.

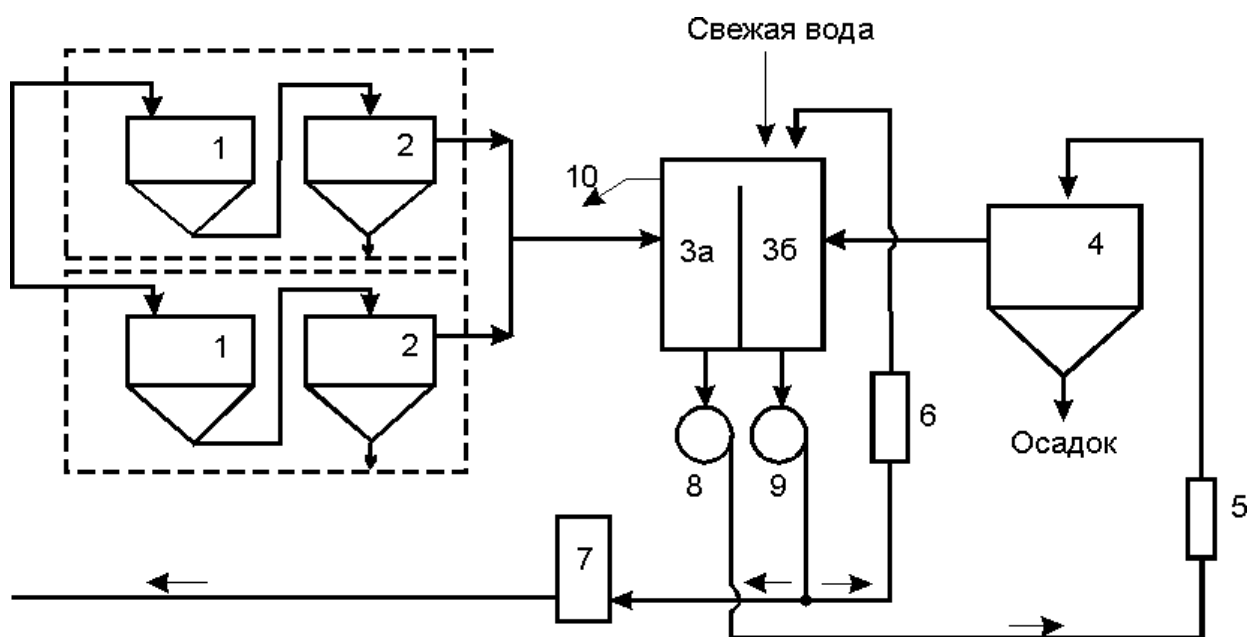


Рис.78. Блок-схема товарного модуля с механическим фильтром: 1 - бассейн; 2 - фильтр с плавающей загрузкой; 3 - накопительный двухкамерный бак; 4 - биофильтр 73 м<sup>3</sup>; 5 - бактерицидный облучатель; 6 - водоводяной теплообменник; 7 - оксигенатор; 8 и 9 - насосы; 10 - перелив избыточной воды.

Циркуляция воды в модуле осуществляется по контуру: бассейны, механические фильтры, накопительный бак 3а, насос 9, бактерицидный облучатель 5, биофильтр 4, накопительный бак 3б, насос 8, оксигенатор 7, бассейны. Часть воды после насоса 8 проходит через теплообменник 6 и возвращается в камеру накопительного бака 3б. Рыбоводный осадок накапливается в механическом и биологическом фильтрах и периодически удаляется из них под действием гидростатического давления. Свежая вода добавляется в камеру накопительного бака 3б. Избыток воды в системе уходит через перелив 10. Внутренняя переборка накопительного бака 3 устроена таким образом, чтобы уравнивать разницу расходов воды через насосы 8 и 9.

Конструктивно бассейн и механический фильтр выполнены в одном прямоугольном в плане корпусе со скошенным дном, образующем конус в одном сечении. Большая часть корпуса занята бассейном, меньшая часть - фильтром с плавающей загрузкой. Каждый из бассейнов имеет объем 60 м<sup>3</sup>, длину 9 м, ширину 3 м, глубину воды 2,3 м. Выпуск воды из бассейна защищен сеткой. Облов бассейна осуществляется с помощью рыбоконцентратора.

ра, представляющего собой перемещающуюся вдоль бассейна стенку в виде рамы, на которую натянута сеть.

Корпус бассейна со встроенным механическим фильтром устанавливается на опорах, опирающихся на фундаменты. Бассейны и биофильтр обслуживаются со специальной площадки (рис.79).

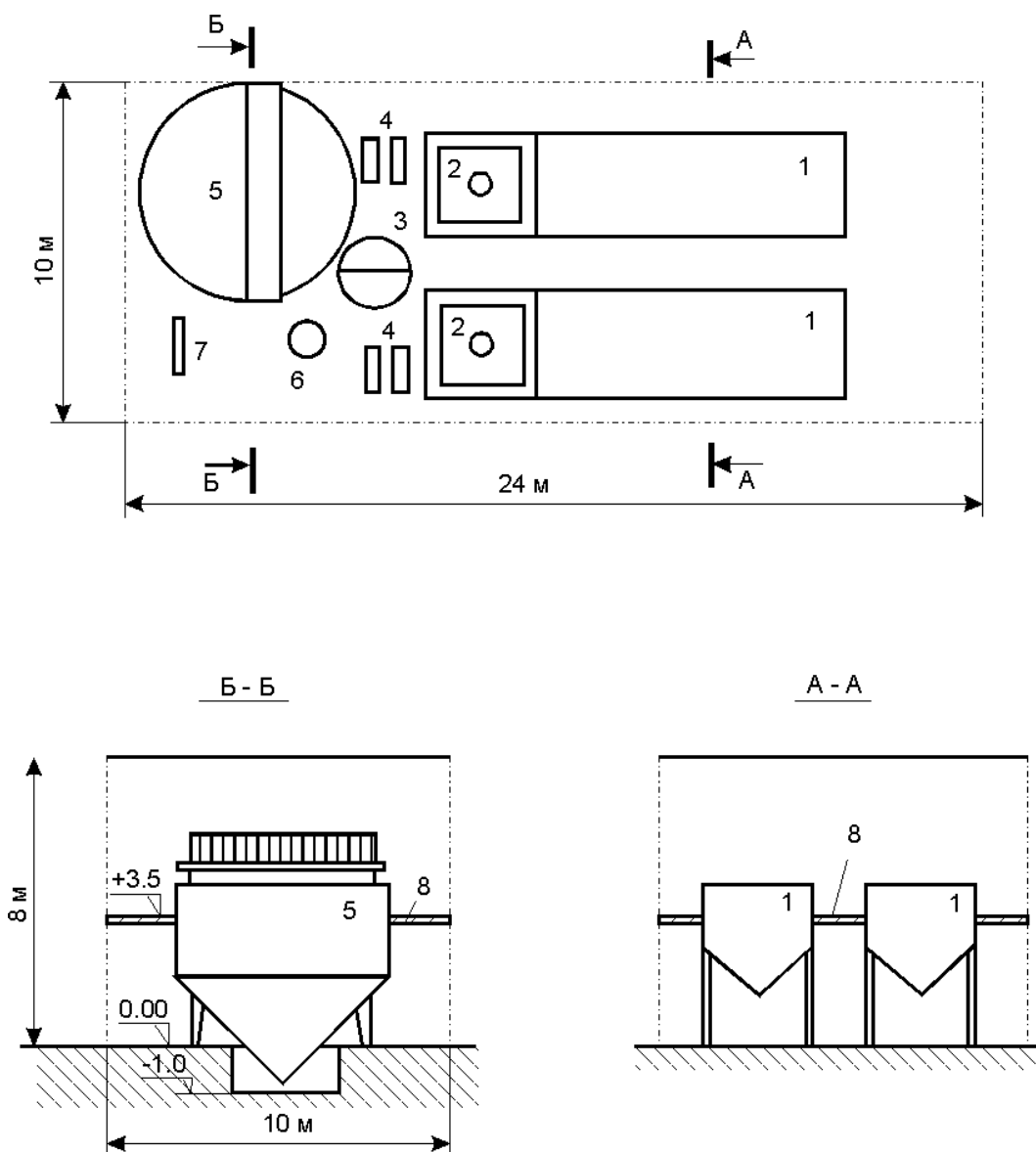


Рис.79. Компонировочная схема товарного модуля с механическим фильтром: 1 - бассейн; 2 - механический фильтр с плавающей загрузкой; 3 - накопительный двухкамерный бак; 4 - насосы; 5 - биофильтр; 6 - оксигенатор; 7 - теплообменник; 8 - площадка для обслуживания.

Обслуживание установки включает в себя несколько операций:

- кормление рыбы;
- удаление один - два раза в сутки рыбоводного осадка из биофильтра;
- отключение один - два раза в сутки механического фильтра на промывку загрузки;
- регулировка 2 - 3 раза в месяц оксигенатора по результатам измерения концентрации кислорода в бассейнах;

- периодическое подпитывание установки свежей водой после удаления части воды с рыбоводным осадком;

- осветление воды включением бактерицидного облучателя по мере необходимости;

- контроль работы автоматического регулятора температуры и другой аппаратуры.

Технико-экономические показатели товарного модуля с механическим фильтром

Суммарный объем воды в двух бассейнах - 120 м<sup>3</sup>.

Объем воды в установке - 240 м<sup>3</sup>.

Энергоемкость - 110 тыс.кВт.ч/год

Потребность в кислороде - 14 т/год.

Расход гранулированных кормов - 25 т/год.

Производительность по рыбе (осетровые) - 20 т/год.

Размеры помещения для размещения установки - 10 × 24 м высотой 8 м

Обслуживание - один оператор на  
4 - 5 установок

Биологический фильтр товарного модуля построен как фильтр с постоянно регенерирующей плавающей загрузкой из полиэтиленовых гранул. Дно фильтра выполнено коническим. Вода последовательно проходит очистку отстаиванием в вертикальном отстойнике и биологическую очистку биопленкой, осевшей на грануле. Наличие вертикального отстойника позволяет отделять из воды часть механических примесей, что дает возможность отказаться от механического фильтра, размещаемого между биофильтром и бассейном. Отказ от отдельного механического фильтра с плавающей загрузкой сокращает строительные размеры установки, а, главное, убирает из системы элемент, требующий для его обслуживания периодического выключения на некоторое время из системы циркуляции воды. Отключение механического фильтра из системы циркуляции воды производится с целью отмывания фильтрующего слоя от грязи. Операция отмывки фильтрующего материала от грязи требует затрат труда и времени обслуживающего персонала.

Блок-схема товарного модуля без механического фильтра приведена на рис.80. Схема включает два бассейна 1, двухкамерный накопительный бак 2, биологический фильтр 3, бактерицидный облучатель 4, водоводяной теплообменник 5, оксигенатор 6, насосы 7 и 8, перелив для удаления избыточной воды 9.

Циркуляция воды осуществляется по контуру: бассейны 1, камера накопительного бака 2а, насос 7, бактерицидный облучатель 4, биофильтр 3, камера накопительного бака 2б, насос 8, оксигенатор 6, бассейны. Часть потока, создаваемого насосом 8, возвращается в камеру 2б через трубки водоводяного теплообменника 5. Схема не требует перекоммутации потоков воды, так как сбор первичного и вторичного осадков производится в конусном дне корпуса биофильтра и для его удаления не требуется остановки потока очищаемой воды через фильтр.

Отсутствие дополнительного механического фильтра несколько увеличивает нагрузку на биологический фильтр, но не приводит к значительному увеличению концентрации продуктов загрязнения в воде установки.

К положительным качествам системы без отдельного фильтра следует отнести снижение строительных габаритов установки (рис.81), повышение ее надежности и снижение затрат ручного труда на ее обслуживание.

Технико-экономические показатели товарного модуля несколько изменяются: объем воды в установке снижается до 210 м<sup>3</sup>, а строительные размеры до 10 × 18 м, высота 8 м.

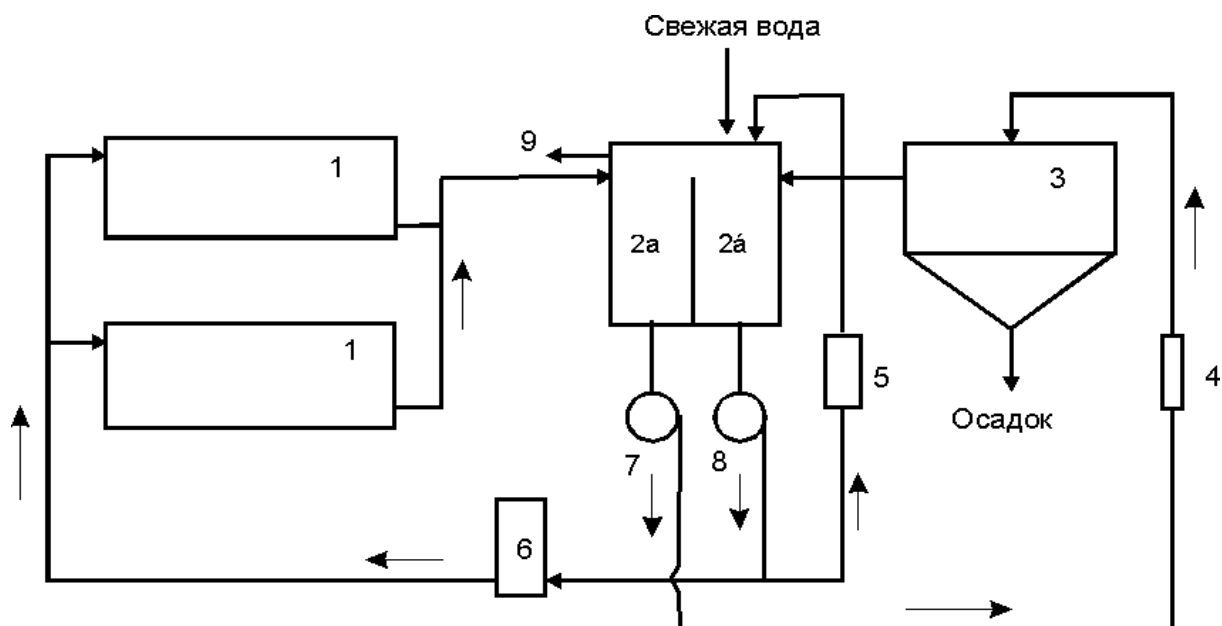


Рис.80. Блок-схема товарного модуля без механического фильтра: 1 - бассейн  $60 \text{ м}^3$ ; 2 - двухкамерный накопительный бак; 3 - биофильтр  $73 \text{ м}^3$ ; 4 - бактерицидный облучатель; 5 - водоводяной теплообменник; 6 - оксигенатор; 7 и 8 - насосы; 9 - перелив избыточной воды.

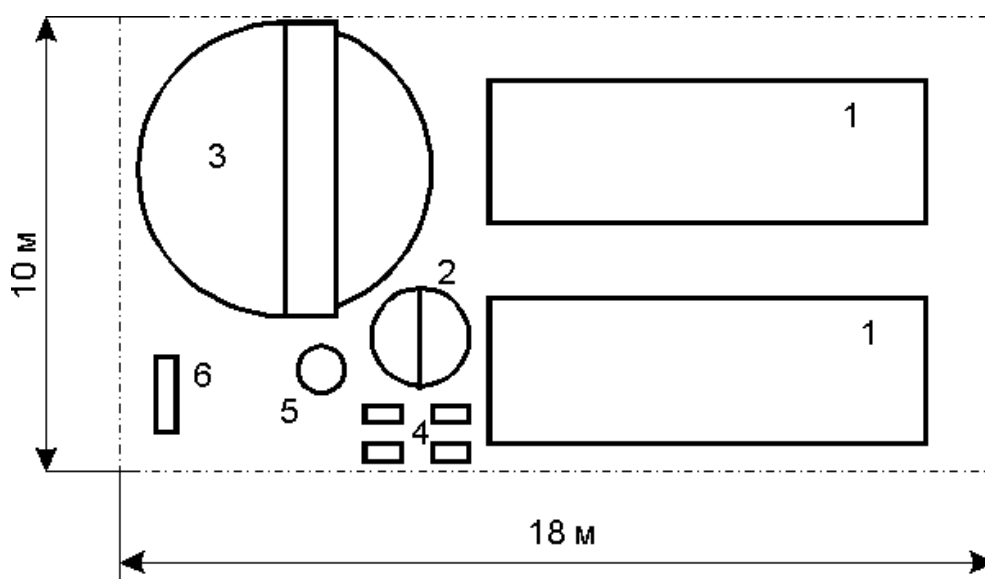


Рис.81. Компоновочная схема товарного модуля без механического фильтра: 1 - бассейн  $60 \text{ м}^3$ ; 2 - двухкамерный накопительный бак; 3 - биофильтр; 4 - насос; 5 - оксигенатор; 6 - теплообменник.

## СБОР РЫБОВОДНОГО ОСАДКА

Экологическая чистота рыбоводства при использовании замкнутых по воде рыбоводных установок соблюдается только при выполнении операций по сбору и утилизации рыбоводного осадка. Рыбоводный осадок образуется в установке в результате жизнедеятельности рыбы (первичная продукция) и биологического фильтра (вторичная продукция). Вторичная продукция представляет собой отторгнутую биопленку с сорбированными на ней загрязнениями. Сорбированные, но не успевшие окончательно окислиться загрязнения попадают в отстойники установки. Накопленный в отстойниках материал может служить сырьем для получения топлива (метан), удобрений, добавок к корму.

Представление о длительности активной фазы процессов, текущих в накопленном осадке, можно получить по наблюдениям за изменением pH суспензии (рис.82).

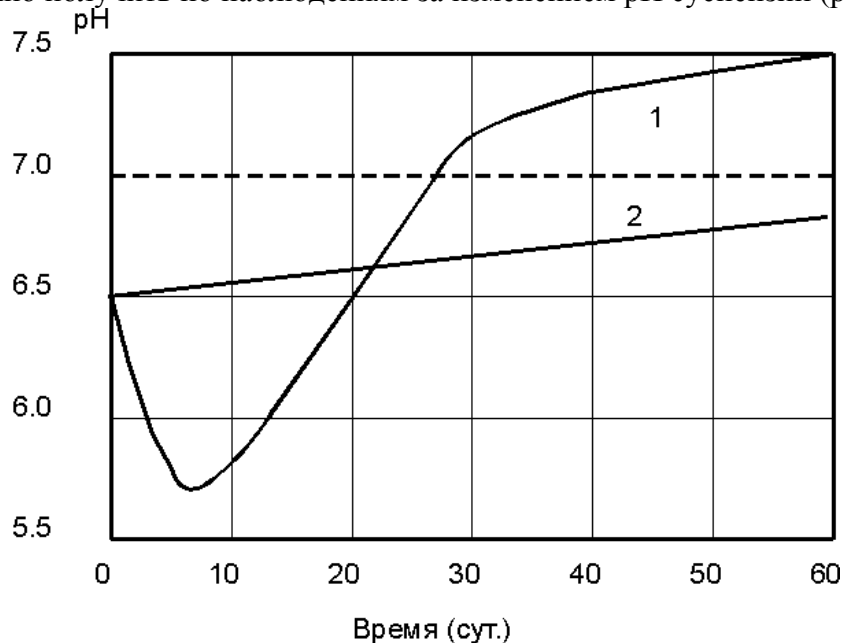


Рис.82. Динамика изменения pH суспензии рыбоводного осадка: 1 - в условиях хранения при комнатной температуре; 2 - при хранении в холодильнике.

В процессе сбора рыбоводного осадка из установки удаляется часть избыточной воды, которую желательно отделить от основной массы осадка. Для этой цели используются дополнительные отстойники, обеспечивающие разделение осадка на уплотненный осадок и осветленную воду. Влажность уплотненного осадка 95%.

#### Технические характеристики бака для отстоя осадка:

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| вместимость по воде | - 26 м <sup>3</sup> ; |
| габаритные размеры: |                       |
| длина               | - 3,93 м;             |
| ширин               | - 3,65 м;             |
| высота              | - 4,5 м;              |
| сухая масса         | - 1,8 т.              |

Отделенный от воды уплотненный рыбоводный осадок с влажностью 95% имеет низкую стабильность и сохраняет свой биологический состав при температуре 20 °С в течении 6 - 7 часов. Это обстоятельство должно быть учтено при утилизации осадка в качестве кормовых добавок.

При использовании осадка в качестве удобрения для сельскохозяйственных культур его накапливают в приспособленных для этой цели емкостях.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов Н.Н., Расчет водопроводных сетей, М., Стройиздат, 1983.
- Акимов В.А., Гуенко В.С., Аэрация воды в рыбоводстве, М., ЦНИИТЭИРХ, 1990.
- Алабастер Дж. и Ллойд Р., Критерии качества воды для пресноводных рыб, М., Легкая и пищевая промышленность, 1984.
- Апостол П.А. и др., Совместное выращивание овощей и рыбы в замкнутой системе, Сб. науч. тр., М., 1985.
- Бардач Дж. и др., Аквакультура, М., Пищевая промышленность, 1978.
- Белецкий Б.Ф., и др., Конструкции водопроводно-канализационных сооружений, М., Стройиздат, 1989.
- Берникова Т.А., Демидова А.Г., Гидрология и гидрохимия, М., Пищевая промышленность, 1977.
- Богатов И.Б., Огурцов С.В., Рекомендации по внесению в выростные пруды реагентов способствующих улучшению гидрохимического режима среды, М., ВНИИПРХ, 1987.
- Богданов Л.А. и др., Минеральный состав водной среды в замкнутых рыбоводных установках, Сб. науч. тр., ВНИИПРХ, М., 1988.
- Бородин А.П. и др., Справочник сельского электромонтера, М., Россельхозиздат, 1985.
- Виноградов В.К., Поликультура в товарном рыбоводстве, М., ЦНИИТЭИРХ, 1985.
- Виноградов В.К. и др., Выращивание производителей и разведение веслоноса, М., ВНИИПРХ, 1986.
- Воронов Ю.В. и др., Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений, М., Россельхозиздат, 1973.
- Гамаюн Е.П., Форелеводство в ГДР, М., ЦНИИТЭИРХ, 1985.
- Гамаюн Е.П., Мирзоева Л.М., Интегрированные рыбоводные хозяйства, М., ЦНИИТЭИРХ, 1989.
- Гамыгин Е.А., Корма и кормление рыб, М., ЦНИИТЭИРХ, 1987.
- Головин П.П., Мусселиус В.А., Инструкция по профилактике газопузырьковой болезни, М., ВНИИПРХ, 1984.
- Гриневский З.В. и др., Проектирование рыбоводных предприятий (справочник), М., Агропромиздат, 1990.
- Глинка Н.Л., Общая химия, Л., Химия, 1973.
- Дацков И.И., Мазанов С.С., Электрические нагревательные устройства, М., Россельхозиздат, 1973.
- Евтушенко Н.Ю., Применение макро- и микроэлементов в рыбоводстве, Р.Х., №5, 1989.
- Журавлев Б.А., Справочник мастера сантехника, М., Стройиздат, 1987.
- Иванова Е.Ф. Использование пленочных теплиц в прудовом рыбоводстве, Сб. науч. трудов ТСХА, М., 1982.
- Казанчеев В.Н., Рыбы Каспийского моря, М., Легкая и пищевая промышленность, 1981.
- Канидьев А.Н., Биологические основы разведения лососевых рыб, М., Легкая и пищевая промышленность, 1984.
- Карпанин Д.П., Иванов А.П., Рыбоводство, М., Пищевая промышленность, 1967.
- Каспин Б.А. и др., Проектирование и строительство рыбоводных предприятий, М., Пищевая промышленность, 1976.
- Козлов В.И., Абрамович Л.С., Товарное осетроводство, М., Россельхозиздат, 1986.
- Корнеев А.Н., Разведение карпа и других видов рыб на теплых водах, М., Легкая и пищевая промышленность, 1982.
- Кулаковский Э.Е., Кунин Б.Л., Теоретические основы культивирования мидий в Белом море, Л., Наука, 1983.

- Лавровский В.В., Пути интенсификации форелеводства, М., Легкая и пищевая промышленность, 1981.
- Локтионов Е.Б. и др., Механизация основных производственных процессов в товарном рыбоводстве, М., ЦНИИТЭИРХ, 1987.
- Милетти Дж., Гидропонные культуры, возможности и экономические перспективы, в сб. переводов, М., 1966.
- Милн П.Х., Морские хозяйства в прибрежных водах, М., Пищевая промышленность, 1978.
- Михеев В.П., Рекомендации по культивированию рыб в садках и водоемах с естественной температурой воды, М., ВНИИПРХ, 1988.
- Михеев В.П. и др., Нормы выращивания карпа и радужной форели в садках и водоемах с естественной температурой воды, М., ВНИИПРХ, 1988.
- Мовчан В.А., Жизнь рыб и их разведение, М., Колос, 1966.
- Мухин О.А., Автоматизация систем теплогасоснабжения и вентиляции, Минск, Высшейшая школа, 1986.
- Новоженин Н.П. и др., Рекомендации по разведению и выращиванию форели Дональдсона, М., ВНИИПРХ, 1986.
- Орлов Ю.И., Рычагов Л.Н., Подсобные рыбоводные хозяйства промышленных предприятий, М., ЦНИИТЭИРХ, 1985.
- Орлов Ю.И. и др., Использование кислорода в рыбоводстве, М., ЦНИИТЭИРХ, 1989.
- Орлов Ю.И. и др., Рыбоводные установки: современное состояние, М., ЦНИИТЭИРХ, 1990.
- Орлов Ю.И. и др., Компактные рыбоводные установки, М., ЦНИИТЭИРХ, 1992.
- Орлов Ю.И. и др., Рыбоводные установки: оборудование, машины, механизмы, М., ЦНИИТЭИРХ, 1992.
- Пашков Н.Н., Долгачев Ф.М., Гидравлика основы гидрологии, М., Энергоатомиздат, 1985.
- Перешивкин А.К. и др., Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации, М., Стройиздат, 1988.
- Подушка С.Б., Прижизненное получение икры у осетровых рыб, Тезисы, Тюмень, Сибрыбниипроект, 1996.
- Проскуренок И.В., Марковцев В.Г., Основные принципы совершенствования процесса искусственного разведения дальневосточных лососей, Биология моря, №2, 1986.
- Проскуренок И.В., Оксигенаторы, М., ЦНИИТЭИРХ, 1992.
- Разумовский Э.С. и др., Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных пунктов, М., Стройиздат, 1986.
- Стигни Р., Принципы тепловодной аквакультуры, М., Агропромиздат, 1986.
- Стоценко А.А., Гидробиотехнические сооружения, Владивосток, Издат. Дальневосточного Университета, 1984.
- Таварткиладзе И.М., Сорбционные процессы в биофильтрах, М., Стройиздат, 1989.
- Туровский И.С., Обработка осадков сточных вод, М., Стройиздат, 1988.
- Уитон Ф., Техническое обеспечение аквакультуры, М., Агропромиздат, 1985.
- Умпелев В.Л. и др., Опыт использования гидропоники на рыбоводной установке с рециркуляцией воды, М., ВНИИПРХ, 1986.
- Умпелев В.Л. и др., Исследование свойств биопленки из систем очистки воды рыбоводной установки с оборотным водоснабжением, М., Сб. науч. тр., ВНИИПРХ, 1988.
- Умпелев В.Л. и др., Работа рыбоводной установки с оборотным водоснабжением без блока денитрификации, Сб. науч. тр., М., ВНИИПРХ, 1988.
- Федотенкова Е.Ф. Бескаркасные тепличные покрытия для подрашивания личинок карпа, М., ЦНИИТЭИРХ, 1989.

- Федотенков В.И., Федотенкова Е.Ф. Тепличные покрытия для рыбоводных прудов, Авт. свид. №1294317 Б.И. №9, 1987.
- Феофанов Ю.А., Голосун В.П., К выбору методов очистки оборотной воды промышленных рыбоводных хозяйств с замкнутым циклом водоиспользования, в сборн. "Технические средства марикультуры", М., ВНИРО, 1986.
- Феофанов Ю.А. и др., Основные закономерности механической и биологической очистки оборотных вод в рыбоводных системах, там же.
- Феофанов Ю.А., Палашин С.М., Очистка оборотной воды рыбоводных бассейнов на биофильтрах с постоянно регенерирующей загрузкой, Сб. науч. тр., М., ВНИИПРХ, 1988.
- Чеботарев А.И., Гидрологический словарь, Л., Гидрометеиздат, 1978.
- Чижов Н.И., Королев А.П., Справочник работника рыбхоза, М., Пищевая промышленность, 1977.
- Юрьев Б.Т., Очистка сточных вод малых объектов, Рига, Авотс, 1983.
- Юрьев Б.Т. и др., Водоотведение городов и поселков, Рига, Авотс, 1989.
- Hochleitner Martin, Störe, Österreichischer Agrarverlag, 1996.
- May R.D., Format for planning a commercial model aquaculture facility, Technical reprint N30, 1974, Krammer Chin G., Mayo, Inc. Consulting Engineers, Architects Schittist, Seattle, Washington.
- Perrone S.J. and Meade T.L., Protective effect on nitrite toxicity coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) J.Fich, Board Can.34: 486 - 492, 1977.
- Reichle Gebhard, Der Stör, Nürnberg, 1997.
- Steffens Werner, Fischfütterung und Gewässerschutz, Fischer und Teichwirt, N3/4, 1997.
- Watten B.J., Busch R.L., Tropical production of *Tilapia* (*Sarotherodon aurea*) and tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in a small-scale recirculating water system, Aquaculture, 1984, 41, 271 - 283.

# СОДЕРЖАНИЕ

|                                                              | стр. |
|--------------------------------------------------------------|------|
| ПРЕДИСЛОВИЕ                                                  | —    |
| УСТРОЙСТВО ФЕРМЕРСКОЙ РЫБОВОДНОЙ УСТАНОВКИ                   | —    |
| Пруды                                                        | —    |
| Садковое хозяйство                                           | —    |
| Рыбоводные бассейны                                          | —    |
| Замкнутые рыбоводные установки                               | —    |
| Совместное выращивание рыбы и овощей                         | —    |
| КАЧЕСТВО ВОДЫ                                                | —    |
| Состав солей в воде                                          | —    |
| Концентрация и токсичность ионов водорода                    | —    |
| Изменение рН воды, буферная система                          | —    |
| Азотное загрязнение воды                                     | —    |
| Токсичность азотного загрязнения                             | —    |
| Токсичность органических взвесей                             | —    |
| Температура воды                                             | —    |
| Кислород и его потребление рыбой                             | —    |
| Вещества, ограничивающие применение воды                     | —    |
| Роль микроэлементов                                          | —    |
| ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ РЫБЫ                              | —    |
| Критерии выбора объекта культивирования и рыбоводные расчеты | —    |
| Культивирование лососевых                                    | —    |
| Форелеводство                                                | —    |
| Культивирование проходных лососей                            | —    |
| Выращивание карпа в поликультуре                             | —    |
| Культивирование осетровых                                    | —    |
| ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЫБОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА                 | —    |
| Насосы                                                       | —    |
| Трубопроводы                                                 | —    |
| Запорная арматура                                            | —    |
| Коррекция температуры                                        | —    |
| Аэраторы                                                     | —    |
| Оксигенаторы                                                 | —    |
| Биологические фильтры                                        | —    |
| Механические фильтры                                         | —    |
| Кормораздатчики                                              | —    |
| Приборное оснащение                                          | —    |
| Инкубаторы                                                   | —    |
| СОБСТВЕННОЕ РЫБОВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО                             | —    |
| Домашняя рыбоводная установка                                | —    |
| Фермерское хозяйство                                         | —    |
| Замкнутая инкубационно-личиночная установка                  | —    |

Товарный модуль  
Сбор рыбоводного осадка

—  
—

ЛИТЕРАТУРА

—

## ***РЕКЛАМА ИНСТИТУТА ГИПРОРЫБФЛОТ***

### **ИНСТИТУТ ГИПРОРЫБФЛОТ**



Государственное унитарное предприятие «Государственный ордена «Знак Почета» научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по развитию и эксплуатации флота» (Гипрорыбфлот) основан в 1931г. в Ленинграде как проектно-конструкторское бюро, специализирующееся на небольших рыбопромысловых судах и механизмах. Впоследствии бюро превратилось в головной институт отрасли по проектированию рыбопромыслового флота.

Весь промысловый флот бывшего СССР и современной России, включающий суда водоизмещением от 150 до 45000 тонн, проектировался и строился при непосредственном участии специалистов института.

Гипрорыбфлот располагает отделами и лабораториями, оснащенными современным оборудованием, необходимым для проведения комплекса научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, в том числе отделом береговых предприятий и сооружений (бывший институт Гипрорыбпром-Гипрорыбхоз).

Институт имеет Свидетельство о государственной аккредитации научной организации в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике» и Сертификат, удостоверяющий соответствие системы качества требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-96 применительно к НИОКР фундаментального и прикладного характера, а также лицензии на проектирование береговых объектов, в том числе поднадзорных Госгортехнадзору и Федеральным службам Геонадзора и Геологии.

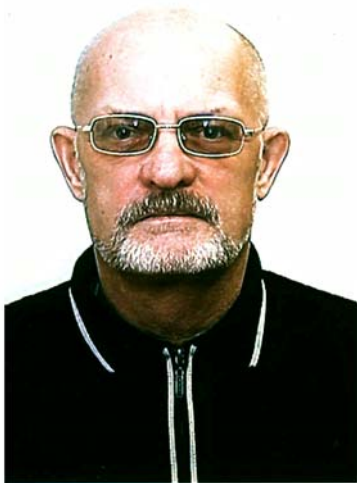
Направления работ института:

- ◆ комплексное решение проблем проектирования и эксплуатации судов промыслового флота;
- ◆ освидетельствование рыбопромысловых компаний и судов на соответствие МКУБ;
- ◆ освидетельствование маломерных судов рыбопромыслового флота на соответствие Правилам классификации, проектирования, постройки и оборудования маломерных судов промыслового флота;
- ◆ оценка состоятельности инвестиционных проектов строительства, в том числе лизингового, рыбопромыслового флота;
- ◆ составление материалов для «Деклараций о намерениях создания производств», разработка «Обоснование инвестиций строительства или реконструкции производственных предприятий»;
- ◆ проектирование и строительство береговых предприятий рыбной промышленности (рыбообработка, холодоснабжение, портостроение, судоремонт, очистка производственных стоков, рыборазведение, пищевые производства);
- ◆ разработка технологий переработки рыбы и морепродуктов;
- ◆ изготовление спецпитания для космонавтов и военнослужащих;
- ◆ создание систем собственного контроля на предприятиях и судах, изготавливающих рыбную продукцию;
- ◆ осуществление функций Органа по сертификации рыбопродуктов и продуктов моря;
- ◆ сертификация отечественной и импортируемой рыбы, рыбопродуктов и продуктов моря в системе сертификации ГОСТ Р.;

- ◆ сертификационные испытания (в том числе арбитражные) любой рыбной продукции, кормовой муки, продукции из водорослей и выполняет анализы по определению ее пищевой ценности;
- ◆ экспертиза документов рыбообрабатывающих предприятий и судов, желающих экспортировать свою продукцию в страны ЕС;
- ◆ проводит испытания и исследования по показателям безопасности рыбной пищевой продукции в соответствии с принципами системы НАССР;
- ◆ охрана окружающей среды и утилизация рыбных и других отходов рыбоперерабатывающих производств;
- ◆ разработка и внедрение биоорганических удобрений и кормов для нужд сельского хозяйства, получаемых из отходов рыбоперерабатывающих предприятий;
- ◆ рекультивация и повышение плодородия загрязненных почв;
- ◆ технология получения хитина/хитозана безреагентным способом;
- ◆ патентно-правовая охрана разработок;
- ◆ информационная и редакционно-издательская деятельность.

Институт участвует в работе многих международных и межправительственных организаций, тесно сотрудничает с ведущими фирмами многих стран.

190000, г. Санкт-Петербург, ул. Малая Морская, д.18-20,  
 тел.(812) 312-76-21, факс (812) 314-60-36,  
 E-mail: VROMANOV@grf.spb.ru



*Проскуренок  
Игорь Васильевич  
(1939)  
кандидат технических  
наук, доцент*

## ЧЕТВЕРТЬ ВЕКА В АКВА- КУЛЬТУРЕ

*Первая работа, выполненная автором в 1974 г по заказу ПТИНРО для аквакультуры «Устройство для выращивания морских организмов», получила авторское свидетельство на изобретение №552049. В 1976 г в ПТИНРО автором была создана первая в стране лаборатория акватехники. За годы работы в аквакультуре накоплен практический опыт в области культивирования лососей, карпа, осетровых, морской капусты, моллюсков, трепанга.*

*При непосредственном участии автора созданы различные объекты аквакультуры:*

- *экспериментальная база ПТИНРО на о. Попова, в г. Владивостоке;*
- *лососевый завод на р. Рязановке в Приморском крае;*
- *рыбоводный цех мощностью 320 т карпа в год, ПО «Горизонт», г. Минск;*
- *опытный цех по выращиванию рассады морской капусты и молоди лососевых в Приморском крае;*
- *рыбоводный комплекс АО «Ижорские заводы» в г. С.-Петербург;*
- *установка для выращивания посадочного материала осетров в хозяйстве «Petershain» (Германия);*
- *установка интегрированного выращивания рыбы и растений «Biotonik», Германия;*
- *цех для ускоренного созревания в замкнутых рыбоводных установках (ВТИРО);*
- *(в настоящее время) технологическое проектирование реконструируемых и вновь создаваемых лососевых рыбопроизводных заводов в Северо-западном регионе России (Лужского, Свицкого, Выгского, на о. Валаам).*