

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Ю.В. ЧУГУНОВ

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ГИДРОТЕХНИКА

Конспект лекций

Казань 2014

УДК 639.3
ББК 47.2 (470.41)
Ч 83

Рецензенты:

кандидат биологических наук, заместитель директора по науке
государственного научно-исследовательского института озерно-речного
рыбного хозяйства *Ф.М. Шакирова*;
кандидат технических наук, доцент Казанского государственного
энергетического университета *С.Д. Борисова*

Ч 83 **Чугунов Ю.В.**

Рыбохозяйственная гидротехника: конспект лекций / Ю.В. Чугунов. –
Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014. – 70 с.

Конспект лекций предназначен для изучения основных разделов дисциплины «Рыбохозяйственная гидротехника», включенных в программу обучения студентов технических вузов по направлению 111400.62 «Водные биоресурсы и аквакультура», а также может быть полезным для студентов других направлений и специальностей при изучении гидрологии и экологии.

Конспект лекций может служить также справочным материалом для студентов при самостоятельной подготовке при вечерней и заочной форме обучения.

УДК 639.3
ББК 47.2 (470.41)

ВВЕДЕНИЕ

Рыбохозяйственная гидротехника является учебной дисциплиной базовой части профессионального цикла федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– готовность к эксплуатации технологического оборудования в аквакультуре;

– способность реализовать эффективное использование материалов, оборудования;

– готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований;

– готовность к участию в выполнении проектно-исследовательских работ с использованием современного оборудования.

В результате изучения данной дисциплины приобретаются знания в области рыбоводных предприятий, основ технической эксплуатации гидротехнических сооружений, технического обоснования рыбохозяйственного строительства, основ строительных работ и материалов, применяемых при строительстве. Изучение рыбохозяйственной гидротехники позволяет осуществлять на практике правила эксплуатации гидротехнических сооружений, владеть технологией эксплуатации прудовых, садковых хозяйств технологическими схемами искусственного воспроизводства и выращивания гидробионта.

ЛЕКЦИЯ 1

СООРУЖЕНИЕ ГОЛОВНОГО ВОДОЗАБОРА

План лекции

1. Головной водозабор.
2. Сооружение водоподающих каналов.
3. Водоспускные устройства.

Головной водозабор – гидротехническое сооружение, обеспечивающее выполнение графика наполнения прудов водой и предотвращающее попадание в водоснабжающий канал сорной и хищной рыбы. Шлюз-регуляторы могут быть открытые или закрытые (трубчатые). Открытый шлюз-регулятор представляет собой лоток прямоугольного сечения, выполненный из Г-образной формы блоков. Рассчитан на расход воды до $10 \text{ м}^3/\text{с}$. Имеет входную часть (оголовок), выполненную из железобетонных плит, которая закрывается с помощью шандор, вставленных в пазы или плоской металлической задвижкой с ручным винтовым подъемником. Поднимая или опуская задвижку или убирая часть шандор, регулируют расход воды в шлюзе.

Для проезда через головной водозабор сверху на лоток укладывают железобетонные плиты и асфальтобетонное покрытие. Выходную часть шлюза-регулятора, как и входную, укрепляют плитами. Трубчатый шлюз-регулятор рассчитан на расход воды $0,2\text{--}4,7 \text{ м}^3/\text{с}$ (с одной трубой) и $2,6\text{--}10,0 \text{ м}^3/\text{с}$ (с двумя трубами). Имеет входную, водопроводящую и выходную части. Водопроводящую часть сооружают из труб диаметром $0,5\text{--}1,5 \text{ м}$ и длиной $2\text{--}4 \text{ м}$. Стыки между трубами заделывают паклей, пропитанной битумом, с последующей обмазкой цементным раствором. В начале трубы устанавливают плоский скользящий металлический затвор с ручным винтовым подъемником. Для предотвращения попадания в водоподающий канал и затем в пруды сорной и хищной рыбы в выходной части головного водозабора устанавливают так называемый рыбосороуловитель. Он представляет собой сетчатый ящик с каркасом из металла или дерева. Сверху закрывается крышкой. Стенку, обращенную в сторону водоподающего канала, делают наклонной для увеличения площади соприкосновения с водой.

По мере необходимости рыбосороуловитель очищают от мусора и удаляют из него попавшую рыбу. При весеннем залитии прудов, когда вода ещё холодная и мутная, а рыба вялая и малоподвижная и легко может быть захвачена током воды, очищать сороуловитель приходится по несколько раз в день, летом – значительно реже.

Сооружение водоподающего (магистрального) канала

Вода из головного пруда в пойменные пруды может подаваться по трубам-лоткам или каналам. Устройство земляных каналов – наиболее дешевый и распространенный способ водоподачи. Магистральный канал – основной элемент водоподающей системы рыбоводного хозяйства. Его располагают выше уровня воды в прудах. Может быть, один или два магистральных канала, если пруды располагают по обе стороны реки.

Наилучший грунт для строительства каналов – суглинок. Земляной канал имеет трапециидальное сечение. Коэффициент заложения откоса зависит от характера грунта. Для глинистых и суглинистых – 1,5. Для песчаных – 2,0–2,5. Располагают канал в выемке, насыпи и полувыемке – полунасыпи. Если канал располагают в выемке, вынутый грунт идет на строительство плотины и дамб. При расположении в полувыемке – полунасыпи объем вынутого грунта должен быть равен объему насыпанного, чтобы удешевить строительство. Чтобы удешевить строительство канала, его стремятся расположить в выемке. При этом уменьшаются потери воды на фильтрацию. Уклон дна канала должен быть 0,001–0,003. При меньшем уклоне, чем 0,001, он будет заиливаться, при большем, чем 0,003 – размываться, особенно в местах поворотов. Напомним, что уклон, например, 0,001 означает, что через 1 км пути дно канала будет располагаться ниже на 1 м, через 100 м – на 10 см. Размеры канала зависят от величины расхода пропускаемой воды. При определении требуемых параметров поперечного сечения можно воспользоваться данными табл. 1.

Таблица 1

Расход воды в водоподающем канале (Q , м³/с) в зависимости от величины ширины по дну (b), глубины наполнения (h) и уклона дна канала (i)

b , м	h , м	$I = 0,001$	$I = 0,002$	$I = 0,003$
0,3	0,5	0,192	0,281	0,327
0,4	0,65	0,392	0,543	0,668
0,5	0,8	0,707	0,993	1,197
0,6	1,0	1,281	1,843	2,268
0,7	1,2	2,100	2,970	
0,8	1,3	2,650		

Для уменьшения фильтрации через откосы и дно канала применяют:

- мощение камнем;
- облицовку бетоном, железобетоном;
- экраны из глины, суглинка, полимерных материалов;
- кольмотаж – заполнение промежутков между частицами грунта дна и откосов наносами путем напуска в канал воды, богатой глиной.

Если канал проходит по косогору, то склон ниже канала нарезают ступенями для лучшего сопряжения стенок канала со склоном и для предотвращения осыпания грунта. При этом объем вынутого грунта должен быть равен объему насыпанного. Последний способ достаточно эффективный и самый дешевый из перечисленных. Для регулирования расхода воды в канале, вплоть до полного прекращения движения потока, строят перегораживающие сооружения. Это необходимо, если пойменных прудов не один, а несколько.

Перегораживающее сооружение представляет собой бетонную стенку толщиной до 0,5 м, расположенную поперек канала. В стенке имеется прямоугольное отверстие, перекрываемое шандорами, которые вставляют в пазы из швеллеров. Такое перегораживающее устройство может пропускать до 250 л/с при напоре 0,5 м. Подачу воды из магистрального канала в пруды осуществляют с помощью водовыпусков, которые позволяют регулировать расход воды, необходимый для заполнения пруда до расчетной отметки в заданное время.

Наибольшее распространение получил трубчатый водовыпуск. Такой водовыпуск состоит из входного участка, асбоцементной или пластиковой трубы, уложенной в дамбе, и сливного участка, укрепленного бетонной плитой. Со стороны канала трубу оборудуют затвором, который может быть выполнен как плоская металлическая задвижка или как шандорное сооружение. В трубчатых водовыпусках при расходах до 200 л/с применяют трубы диаметром 386 мм, при 100 л/с–291 мм, при меньших расходах трубы меньшего диаметра.

Вопросы для самоконтроля

1. Наилучший грунт для строительства водоподающего канала.
2. Мероприятия по снижению водопроницаемости канала.
3. Способ регулирования подачи воды шандорным сооружением.

ЛЕКЦИЯ 2

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЫБОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

План лекции

1. Изучение свойств грунта в месте строительства дамбы.
2. Водопроницаемость грунта. Понятие коэффициента фильтрации.
3. Угол естественного откоса.
4. Исследование грунтов шурфованием и бурением.

Слой грунта, воспринимающий нагрузку от сооружения, называется **основанием**.

Чтобы основание под сооружением не давало большой осадки, должно быть выполнено следующее условие: фактическое давление от сооружения, приходящееся на 1 см^2 грунта основания, не должно быть больше допускаемого. Это условие выражается формулой:

$$p_{\text{ф}} = \frac{p}{s} \leq p_{\text{доп}},$$

где: $p_{\text{ф}}$ – фактическое давление на 1 см^2 грунта; p – вес сооружения в кг;
 s – площадь фундамента в см^2 ; $p_{\text{доп}}$ – допускаемое давление на данный грунт в кг/см^2 .

В табл. 2 приведены допускаемые давления на различные грунты на глубине 2 м от поверхности земли.

Таблица 2

Наименование грунта	Допускаемое давление в кг/см^2
Скалистые грунты	10 и более
Гравелистый и щебенистый грунт	4,5–6
Глина плотная	2,5–5
Суглинок плотный	2–3
Супесь плотная	2,5–3
Песок плотный средней крупности	3,5
Песок мелкий, маловлажный	3
Песок пылеватый, очень влажный	1,5

Допускаемое давление на грунт на глубине от поверхности земли $h < 2$ м принимается:

- а) при $h = 0$ вдвое меньше, чем при $h = 2$ м;
- б) при $0 < h < 2$ м по линейной интерполяции.

Водопроницаемость грунта. Понятие коэффициента фильтрации

Водопроницаемостью грунтов называют их способность пропускать сквозь себя воду.

Степень водопроницаемости грунта зависит от размеров его частиц и наличия связи между ними. Крупнозернистые и трещиноватые грунты имеют хорошую водопроницаемость, а скальные грунты и глина практически водонепроницаемы.

Водопроницаемость грунтов характеризуется особой величиной, называемой **коэффициентом фильтрации**.

Коэффициент фильтрации представляет собой скорость движения воды в слое грунта при гидравлическом градиенте, равном единице, и имеет размерность м/сутки.

Гидравлическим градиентом называется отношение разницы напоров, обуславливающих движение воды в грунте на данном участке, к длине этого участка.

Коэффициент фильтрации может быть определен путем подсчета по эмпирическим формулам, путем испытания образца грунта в лаборатории или непосредственно в полевых условиях.

Для приближенного определения величины коэффициента фильтрации в полевых условиях можно применять следующий способ (рис. 1). На поверхности испытуемого грунта выкапывают круглый приямок, в дно которого на глубину 10 см вдавливают металлический цилиндр диаметром 25 см и высотой 20 см. В приямок наливают воду; уровень воды поддерживают постоянным на высоте верха цилиндра путем долива. Расход воды, потребной для долива, все время учитывают. Когда расход установится, вычисляют коэффициент фильтрации по формуле:

$$K = \frac{Q}{S},$$

где: K – коэффициент фильтрации в м/сутки; Q – расход воды при доливе в м³/сутки;

S – площадь сечения цилиндра в м².

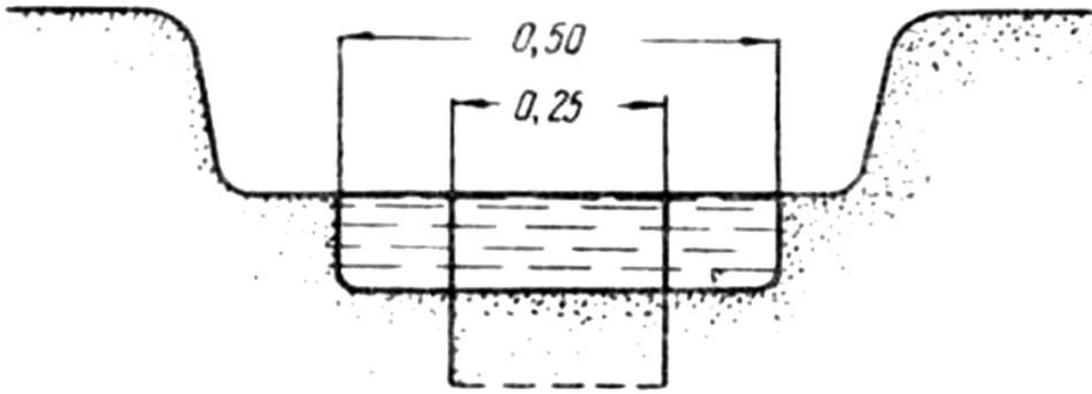


Рис. 1. Шурф для определения коэффициента фильтрации грунта

Таблица 3

Коэффициенты фильтрации в м/сутки для различных грунтов

Галечник	100
Пески	50–2
Супеси	2–0,1
Суглинки	0,1
Глина	0,001

Пример. Определить суточные потери воды на фильтрацию в пруду площадью 2 га, если грунт его ложа представляет собой супесь с коэффициентом фильтрации $K = 0,3$ м/сутки (используя данные табл. 3).

$$Q = 0,3 \text{ м/сутки} \cdot 20000 \text{ м} = 6000 \text{ м}^2 \text{ сутки.}$$

Угол естественного откоса

Углом естественного откоса называется угол, образуемый поверхностью грунта в состоянии его равновесия с горизонтальной плоскостью.

Величина угла естественного откоса зависит от характера грунта, крупности и формы его зерен и степени влажности.

Чтобы обеспечить устойчивость откосов при постройке насыпей плотин и дамб и выемок каналов, необходимо угол откоса у этих сооружений делать несколько меньше угла естественного откоса для данного грунта.

При движении воды внутрь откоса, например при фильтрации из каналов, угол естественного откоса увеличивается и откос становится круче, а при движении воды из откоса, например при выходе фильтрационной воды на низовой откос плотины, его угол уменьшается и откос становится более пологим.

Угол естественного откоса грунтов определяется в лабораториях с помощью весьма простых приборов.

Исследование грунтов шурфованием и бурением

Перед проектированием гидротехнического строительства необходимо предварительно произвести исследование грунтов на строительной площадке. Такое исследование заключается в изучении их напластований в местах расположения будущих сооружений и производится шурфованием или бурением.

Шурф представляет собой яму глубиной 2–3 м прямоугольного или квадратного сечения с одной отвесной стенкой, на которой можно рассмотреть чередование грунтовых слоев и измерить их мощность. Из каждого слоя берут образцы грунтов для анализов в лаборатории. Отметка верха шурфа определяется нивелировкой.

Шурфование нельзя проводить в слабых и сыпучих породах, а также при глубине исследования свыше 3 м.

Значительно чаще применяется бурение, при котором исследование грунтов можно производить на большую глубину. Для этой цели в земной коре высверливают или выдалбливают цилиндрическое отверстие – буровую скважину (рис. 2), причем в процессе работы буровым инструментом берут пробы грунтов на различных глубинах.

Бур, применяемый для ручного вращательного и ударного бурения, состоит из штанг и наконечников. Штанги бура состоят из металлических колен, свинченных с помощью муфт. Для углубления дна скважины применяют наконечники различных видов (рис. 2), конструкция которых позволяет брать пробы грунтов на любой глубине.

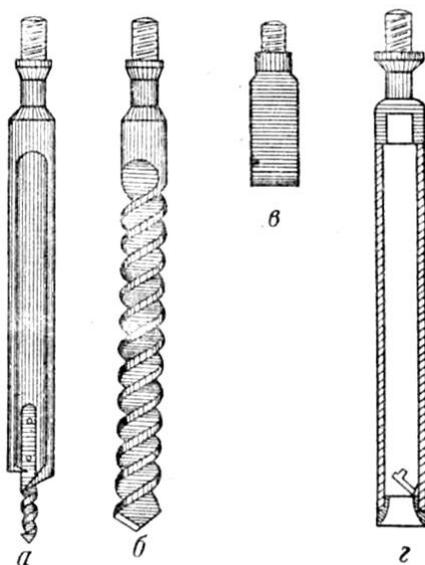


Рис. 2. Наконечник бура: а – буровая ложка; б – змеевик; в – долото; г – желонка

Буровую ложку (рис. 2, *а*) используют при вращательном бурении в мягких грунтах (песок, супесь, растительный грунт), а змеевик (рис. 2, *б*) в более вязких и плотных грунтах (глина, мергель, плотный суглинок). Долота (рис. 2, *в*) применяются при ударном бурении в скалистых породах. При ударном бурении в разжиженных грунтах, а также для удаления воды из скважины применяется желонка (рис. 2, *г*). При быстром опускании желонки в скважину клапан, находящийся в ней, поднимается вверх и желонка заполняется разжиженным грунтом или водой. При подъеме желонки клапан закрывается и удерживает набранную пробу грунта.

Бурение производится следующим образом. Бур устанавливают вертикально в намеченном месте в небольшом приялке, который засыпают и притрамбовывают. На конце верхней штанги закрепляют хомут с ручками, за который рабочие поворачивают инструмент, слегка нажимая вниз. Сделав несколько оборотов, инструмент извлекают из скважины, очищают наконечник от грунта и затем снова продолжают бурение.

При бурении в слабых грунтах скважины укрепляют обсадными металлическими трубами, собираемыми из отдельных звеньев с помощью муфт.

В процессе бурения ведут полевой журнал, в котором отмечают номер скважины, ее местонахождение, отметку верха, последовательность и глубину залегания пройденных грунтов, их влажность и номера взятых образцов.

Образцы грунтов поступают в лабораторию, где устанавливают их точное наименование, а в случае необходимости делают анализы для определения их свойств.

По данным шурфования и бурения и на основании других материалов составляют геологические разрезы.

Геологический разрез представляет собой вертикальное сечение исследуемой местности вдоль требуемого направления; на это сечение в принятом масштабе наносят напластования грунтов и отмечают их мощность.

Вопросы для самоконтроля

1. Технология определения коэффициента фильтрации грунта в полевых условиях.
2. Метод определения угла естественного откоса.
3. Последовательность исследования грунта методом шурфования.

ЛЕКЦИЯ 3

КАТЕГОРИИ ПРУДОВ И ТИПЫ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВ

План лекции

1. Разновидности прудов.
2. Параметры прудов.
3. Пойменные пруды.
4. Рыбоуловители.

Характеристики прудов зависят от их назначения. Все пруды по назначению подразделяются на категории. В специализированном полносистемном рыбоводном хозяйстве, т.е. таком, где содержат свое стадо производителей и выращивают рыбу от икринки до товарной массы, различают следующие категории прудов:

– Головной пруд. Служит источником водоснабжения и для запаса воды. Иногда в нем выращивают товарную рыбу или посадочный материал. Используется круглогодично.

– Нерестовые. Используются в мае–июне для нереста производителей и получения личинок рыб.

– Мальковые. Служат для подращивания личинок до стадии малька (маленькой сформировавшейся рыбки) массой 0,1–1,0 г. Период использования – 20–30 дней в мае – июне.

– Выростные. В них выращивают сеголеток, т.е. рыб сего лета, до нормативной массы 25–30 г в период с мая по октябрь.

– Зимовальные пруды. Служат для содержания сеголеток и производителей зимой. Время использования в средней полосе России – с октября по апрель.

– Нагульные. Служат для выращивания товарной рыбы. Зарыбляют их годовиками (перезимовавшими сеголетками) весной, чаще всего в апреле. Товарную рыбу вылавливают в сентябре-ноябре.

– Летнематочные. В них содержат маточное и ремонтное поголовье. Производители – это половозрелые особи, а ремонт – рыбы, отобранные по ряду показателей в качестве будущих производителей, но еще не достигшие половой зрелости. Время использования этой категории прудов с апреля по октябрь.

– Садки. Пруды небольшой площади, в которых передерживают товарную рыбу с осени до весны для удлинения сроков реализации рыбы.

– Изоляторные. Служат для содержания больных рыб. Могут использоваться круглогодично.

– Карантинные. Используются для содержания завезенной из других хозяйств рыбы.

В табл. 4 представлены основные нормативные характеристики всех категорий прудов для специализированных рыбоводных хозяйств.

Таблица 4

Основные нормативные характеристики всех категорий прудов
для специализированных рыбоводных хозяйств

Название пруда	Площадь, га	Глубина, м		Водообмен сут.	Время, сут.		Соотн. Сторон
		средн.	макс.		заполн.	спуска	
Головные	по рельефу	по рельефу			до 30	до30	по рельефу
Зимовальные	0,5–1,0	1,0	2,5	15–20	0,5–1,0	1,0–1,5	1:3
Нерестовые	0,05–0,1	0,6	1,0	–	0,1	0,1	1:3
Мальковые	0,2–1,0	0,8	1,5	–	0,2–0,5	0,2–0,5	1:3
Выростные	10–15	1,0	1,5	–	10–15	до 5	по рельефу
Нагульные	50–100	1,3	2,5	–	10–20	до 5	по рельефу
Летнематочные	1–10	1,3	2,5	–	0,5–1,0	0,5	1:3
Садки	0,001–0,05	1,5	2,0	0,1	0,1	0,1	1:3
Изоляторные	0,2–0,3	1,5	2,0	15–20	0,5–1,0	1,0	1:3
Карантинные	0,2–0,3	1,5	2,0	–	0,5–1,0	1,0	1:3

Все пруды в хозяйстве располагают в определенной последовательности. Так, зимовальные располагают вблизи плотины, чтобы путь от водоисточника к прудам был наименьшим во избежание замерзания или переохлаждения воды. Нерестовые – вблизи мальковых и выростных, чтобы сократить внутрихозяйственную транспортировку рыбы. Нагульные пруды строят ниже по течению реки за выростными. Карантинные и изоляторные пруды располагают в самой дальней точке хозяйства, чтобы уменьшить возможный риск распространения болезней.

Помимо полносистемных рыбоводных хозяйств существуют рыбопитомники. В них выращивают рыбопосадочный материал – сеголеток и годовиков, которые реализуют в так называемые нагульные хозяйства. В рыбопитомниках есть все категории прудов, перечисленные выше, за исключением нагульных. В нагульных же хозяйствах есть только нагульные пруды. Закупая в рыбопитомниках посадочный материал, в них

выращивают товарную рыбу. Кроме того имеются племенные хозяйства, которые занимаются проведением селекционно-племенной работы и реализуют производителей и ремонтное поголовье в рыбопитомники и полносистемные хозяйства.

Теоретически фермерское рыбоводное хозяйство может быть и полносистемным, племенным, нагульным и рыбопитомником. Однако главной специфической особенностью фермерских хозяйств является ограниченность земельных, водных и людских ресурсов. Поэтому рыбоводная ферма должна быть компактной, и помимо минимальной стоимости строительства, максимально дешевой в эксплуатации, не требующей много рабочей силы. Это может быть достигнуто верным выбором типа хозяйства. Небольшой коллектив фермеров, состоящий часто только из членов одной семьи или родственников, просто не в состоянии вести дело в полносистемном или племенном хозяйстве с большим количеством прудов и многообразием технологических операций. Оптимальным в такой ситуации представляется вариант, когда на рыбоводной ферме есть пруды только одной категории, хотя самих прудов может быть не один, а несколько. Это могут быть нагульные, выростные или пруды, используемые в режиме платной рыбалки.

Обязательные элементы при создании рыбоводческого хозяйства

Плотина, перегораживающая реку, ручей, овраг или балку, по возможности должна быть построена из однородного грунта (суглинка).

Обязательно сооружение донного водоспуска, который может быть упрощенного типа в виде трубы, проложенной в теле плотины на уровне дна головного пруда.

Если необходимо устройство паводкового водосброса, то его, по возможности, выполняют в виде трубы, проложенной через плотину на уровне нормального подпорного уровня в головном пруду.

Если предусматривается строительство пойменных прудов, то головной водозабор выполняют трубчатым.

Магистральный канал устраивают в выемке, а вынутый грунт используют для возведения плотины.

Водовыпуски из канала в пруды делают трубчатые.

Если позволяют размеры прудов (площадь до 1 га), то на ложе рыбосборно-осушительные каналы не нарезают, а рыбоуловители не делают.

Для наиболее эффективного использования построенных прудов необходимо выдерживать нормативные глубины.

Обязательно сооружение донных водоспусков или, по крайней мере, сифонных водосбросов.

Дамбы прудов, по возможности, насыпают из суглинка.

Строительство пойменных прудов

Для создания пруда можно обваловать участок земли с трех сторон – со стороны реки и по бокам. Сверху же, со стороны магистрального канала, обваловка не требуется, урез воды будет проходить по естественной линии местности, обозначенной на плане или карте горизонталью, конфигурация которой зависит от рельефа. Валы, которыми отделяются пруды, называются дамбами. Дамбы, как и плотины – гидротехнические сооружения, создающие водоем и удерживающие воду с одной стороны на более высоком уровне, чем с другой, либо с обеих сторон на одном и том же уровне.

Дамбы сооружают при напорах воды от 1 до 4 м. Таким образом, можно считать, что дамбы – это как бы небольшие плотины. Дамбы бывают контурными, которые проходят по внешним границам прудов, и разделительные, проходящие между прудами. При этом уровень воды в соседних прудах может располагаться на разных отметках. По конструкции дамба, как и плотина, представляет собой насыпь трапециидального сечения. Минимальная ширина гребня 1–3 м. Если дамба проезжая, то ширина гребня должна быть не менее 4,5 м. Превышение гребня дамбы над уровнем воды в прудах (сухой запас) составляет 0,5–1,0 м.

По конструктивным особенностям различают дамбы нормального, уширенного и распластанного профиля. Дамбы нормального профиля имеют наиболее крутые откосы. Причем коэффициенты заложения откосов разделительной дамбы – одинаковые, а контурной – разные, верховой (мокрый) откос более пологий. У дамб уширенного профиля верховой откос делают значительно более пологим и укрепляют его посадкой растительности. Дамбы с распластанным профилем имеют очень пологие откосы, которые не укрепляют. При подготовке основания контурных дамб плодородный слой почвы, в отличие от плотин, снимают не по всему основанию, а только на ширину, равную 3,0–3,5 величинам напора. Основание разделительных дамб только вспахивают без снятия слоя грунта. Коэффициент заложения откосов, как и у плотины, зависит от грунта, а также профиля дамбы. Наилучшими грунтами считаются суглинки. В табл. 5 представлены коэффициенты заложения откосов дамб различного типа в зависимости от грунта.

Коэффициент заложения откосов различного типа

Грунты	Дамбы нормального профиля				Дамбы уширенного профиля				Дамбы распластанного профиля			
	контурные		раздельные		контурные		раздельные		контурные		раздельные	
	m1	m2	m1	m2	m1	m2	m1	m2	m1	m2	m1	m2
Глинистые и суглинки	2,5	1,5	2,5	2,5	3,5	1,5	3,5	3,5	7,0	1,5	7,0	1,5
Песчаные	3,0	2,0	3,0	3,0	4,0	2,0	4,0	4,0	8,0	2,0	8,0	2,0

Насыпаются дамбы, как и плотины, слоями по 20–30 см с тщательной утрамбовкой. В дамбе, расположенной у реки, делают донный водоспуск, чтобы сбрасывать всю воду из прудов. Дно прудов тщательно разравнивают и планируют так, чтобы оно имело уклон в сторону донного водоспуска. На дне не должно быть ям, где может оставаться вода и рыба. Для сбора воды и рыбы на ложе пруда нарезают рыбосборно-осушительную сеть каналов, расположение которых зависит от рельефа. Чем он спокойнее, тем проще схема размещения каналов. При лучевом расположении к центральному каналу подходят боковые, все они сходятся в одной точке у донного водоспуска. При елочном – боковые каналы подходят к центральному, как ветви к стволу ели. При сложном рельефе боковые каналы изогнуты и подходят к главному под различными углами. Все каналы имеют уклон 0,002–0,003. Такой уклон позволяет плавно сбрасывать воду и рыбе скатываться к донному водоспуску и далее в рыбоуловитель. Каналы имеют трапециидальное сечение. Коэффициент заложения откосов 1,0–1,5 м. Глубина и ширина по дну каналов зависит от размера пруда и составляет 0,5–1,0 м и 0,3–1,0 м соответственно.

Следует отметить, что при небольших площадях прудов (до 0,5–1 га) рыбосборно-осушительную сеть каналов можно не нарезать, но тщательно планировать ложе прудов обязательно. Наполнять водой новые пруды рекомендуется не раньше, чем через 2 месяца после их сооружения, после осадки грунта. Преждевременное их наполнение до окончания осадки дамб может привести к трещинам в теле дамб и оползанию откосов. Наполнять пруды следует постепенно не более чем на 0,5 м по высоте в сутки, с перерывами в 2–3 дня. При обнаружении строительных дефектов наполнение пруда надо прекратить, а неисправность устранить. Воду из прудов через донный водоспуск отводят в водоприемник по сбросным каналам.

Водоприемники – это естественные или искусственные водотоки (реки, ручьи, каналы, овраги, балки и др.), которые должны отводить сбрасываемую воду, не создавая подпора. Сбросные каналы устроены так же, как и водоподающие: имеют трапециидальное сечение. Коэффициент заложения откосов принимают, как для водоподающих каналов, в зависимости от грунта, равному 1,5–2,5. Располагают сбросной канал, как правило, в выемке. Уклон дна делают обычно 0,002, т.е. такой же, как в каналах рыбосборно-осушительной сети, чтобы не было перепадов или подпора воды у донного водоспуска и не происходило заиления или размывания.

Размеры водосбросных каналов зависят от расхода воды. В сбросном канале, сразу за донным водоспуском, сооружают рыбоуловитель, размеры которого зависят от количества вылавливаемой рыбы. Объем рыбоуловителя составляет пять объемов рыбы. Если площадь прудов небольшая (до 0,5–1,0 га), то рыбоуловитель можно не делать. В этом случае в пруду перед донным водоспуском устраивают углубление, где собирают рыбу сачками.

Сооружение рыбоуловителя

Рыбоуловитель – гидротехническое сооружение, предназначенное для концентрации, кратковременного передерживания и вылова выращенной рыбы. Представляет собой расширенный канал в плане прямоугольной формы, в поперечном сечении – трапециидальной. Коэффициент заложения откосов – 2. Глубина – 1 м. Рыбоуловитель располагают сразу за трубой донного водоспуска. Дно укрепляют железобетонными плитами, швы между которыми бетонируют. Плиты укладывают на песчано-гравийную подушку. Откосы также бетонируют или укрепляют плитами. Дно рыбоуловителя располагают на 1 м ниже водопроводящей трубы донного водоспуска. Вместе с вытекающей водой рыба из пруда через трубу водоспуска попадает в рыбоуловитель. Поскольку труба находится выше уровня воды в рыбоуловителе, рыба не может выйти обратно в пруд. Размеры рыбоуловителя зависят от количества вылавливаемой рыбы. При нахождении в нем рыбы менее 1 месяца соотношение массы рыбы к массе воды составляет 1:4. Столь небольшое соотношение объясняется тем, что облов происходит чаще всего осенью, реже весной, когда температура воды низкая, активность рыбы небольшая, а концентрация растворенного в воде кислорода высокая.

Так, для пруда площадью 50 га, где выращивают рыбу без кормления при средней рыбопродуктивности 2 ц/га, требуется рыбоуловитель площадью 50 м² (5 м × 10 м). Он будет вмещать 10 т рыбы и 40 т воды. Соответственно для пруда 10 га его площадь составит 10 м² (2 м × 5 м).

Для рыбоуловителя небольшой площади (до 10 м²) боковые стенки обычно делают не наклонные, а вертикальные. Иногда вертикальные откосы делают и для уловителей большей площади.

Чаще всего рыбоуловители располагают на сбросном канале. В этом случае передняя часть уловителя, называемая **водобойным колодцем**, представляет собой часть сбросного канала, дно которого укреплено железобетонными плитами. Дно водобойного колодца располагают на 0,5 м ниже уровня трубы донного водоспуска, а дно обловной камеры, следующей за водобоем, ещё на 0,5 м ниже. В задней стенке прямка устанавливают перегораживающую решетку, вставляемую в пазы из швеллеров, и не доходящую до дна на 0,5 м. При такой конструкции уловителя рыба концентрируется в более глубокой обловной камере, из которой изымается сачками. Недостатком такого типа рыбоуловителя является то, что решетка прямка располагается прямо на сбросном канале и забивается илом и мусором, поступающими из пруда вместе с водой. Току воды препятствует также рыба, скапливающаяся в обловной камере. Чтобы вода не пошла через верх рыбоуловителя, решетку постоянно приходится чистить во время сброса воды. Делают это с помощью обыкновенной штыковой лопаты и сачка. Иногда делают два ряда пазов. В этом случае, когда решетка забьется, вставляют другую во второй ряд пазов. Забитую решетку вытаскивают, очищают от мусора. Когда вторая решетка тоже забивается, процедуру повторяют.

Немного о рыбоуловителе, расположенном параллельно дамбе. При такой конструкции перегораживающую решетку также приходится чистить, но рыба уже не препятствует току воды. Однако недостатком является небольшая проточность в обловной камере, вследствие чего рыбу нельзя держать в рыбоуловителе длительное время. Последнего недостатка лишена конструкция рыбоуловителя, расположенного параллельно сбросному каналу. В этом случае в обловной камере постоянно поддерживается проточность. Особенностью данной конструкции является наличие второго канала, сооружаемого параллельно водосбросному и соединенного с ним перепадом. Перепад представляет собой бетонированные ступени, по которым стекает вода. Сделано это для того, чтобы уравнивать уклоны и скорости тока воды в обоих каналах.

Если этого не сделать, то скорость потока воды, проходящего от точки «а» до точки «б» напрямую в сбросном канале, будет выше. И проточность в обловной камере будет минимальной, т.к. вода движется по пути наименьшего сопротивления. Ведь путь от точки «а» до точки «б» через обловную камеру длиннее и сопротивление, оказываемое воде, больше.

Чтобы этого не происходило, устраивают перепад, уравнивающий скорости движения воды в обоих каналах. Выбор конструкции рыбоуловителя выбирают, исходя из условий местности, так, чтобы его стоимость была наименьшей. Построив рыбоуловитель и установив в верховье реки или ручья верховину, мы можем выращивать рыбу в пруду. Однако это будет русловой пруд. Мы же в этой главе поставили себе задачу построить один или несколько пойменных прудов. Поэтому сооруженный головной пруд на русле реки, наряду с выращиванием в нем рыбы, должен использоваться как источник воды для других прудов, построенных в пойме. Для этого необходимо предусмотреть и построить ещё одно гидротехническое сооружение, называемое **головным шлюзом** – регулятором, или головным водозабором. Он устраивается на краю плотины. Вода из головного пруда через головной водозабор по водоподающему каналу самотеком поступает в пойменные пруды.

Вопросы для самоконтроля

1. Разновидности прудов и их геометрические параметры.
2. Причины планирования дна прудов.
3. Разновидности рыбоулавливающих устройств.

ЛЕКЦИЯ 4

ВОДОПРОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

План лекции

1. Автоматические водосбросные устройства.
2. Донные водоспускные устройства.
3. Укрепление откосов плотины.

Если не предусмотреть слив излишка воды, постоянно поступающей из реки или ручья, а также образующейся во время весеннего таяния снегов, то уровень воды в головном пруду будет повышаться, вода начнет переливаться через гребень и размывает плотину.

Чтобы этого не произошло, в теле плотины или вне её устраивают водосбросные сооружения. Водосбросные сооружения – устройства для сброса излишка паводковых вод из головного пруда, а также для частичного или полного сброса воды перед обловом рыбы и для регулирования уровня воды в головном пруду. Могут пропускать лед.

Бывают автоматические, регулируемые или комбинированные. Автоматические водосбросы – порог сооружения (та часть, куда сливается вода из пруда) располагают на том уровне, на котором желательно сохранить уровень воды в пруду. При превышении уровня воды над этой отметкой вода автоматически сбрасывается из верхнего бьефа в нижний.

К водосбросам автоматического действия относят водосбросной земляной канал, открытый бетонный водослив, шахтный и трубчатый водосбросы. Автоматические водосбросы устраивают при максимальных паводковых расходах до $50 \text{ м}^3/\text{с}$. При больших расходах строят управляемые водосбросы, у которых порог сооружения располагают ниже нормального уровня воды в головном пруду, вплоть до дна.

Водосбросные сооружения – наиболее дорогостоящая часть водоема. Их стоимость достигает 30–50 % от общей себестоимости пруда. Из-за этого часто сдерживается строительство прудов в подсобных хозяйствах и сельхозпредприятиях, располагающих скромными средствами.

Уменьшить расходы можно за счет отказа от строительства или удешевления водосливов. Отказаться от водосбросов возможно, если площадь водосбора реки, ручья, оврага или балки (то есть та площадь местности, с которой стекают подземные и поверхностные воды) меньше 10 км^2 и пруд оборудован донным водоспуском, который может быть использован для пропуска паводка. При большей площади водосбора строят водосбросы.

Грунт выемки канала может быть использован для сооружения тела плотины. В поперечном сечении канал имеет форму трапеции. Уклон дна капала 0,002–0,005. Для обеспечения спокойного и плавного входа в канал и выхода из него входную и нижнюю части канала расширяют. Рабочая глубина канала около 1 м, ширина по дну – 2 м и более. Дно канала на входе располагают на уровне нормального подпорного уровня головного пруда. При превышении этого уровня вода самотеком переливается из пруда в реку. Дно и стенки канала следует укрепить камнем или дерном. Боковой водослив устраивают при паводковом расходе до $10 \text{ м}^3/\text{с}$. К недостаткам можно отнести его недолговечность и необходимость частого ремонта. Открытый бетонный водосброс устраивают в теле плотины или на берегу. Он представляет собой канал трапециевидного сечения, прорезающий поперек плотину сверху по гребню. Дно водосброса располагают на отметке нормального подпорного уровня. При его превышении вода переливается через порог сооружения, состоящего из подводящего канала (входной горизонтальной части), быстротока (средней наклонной части), водобойного колодца (углубления за сухим откосом, в котором гасится энергия стекающей вниз воды) и рисбермы (укрепленного основания водосброса, расположенного за водобойным колодцем, предохраняющего от размыва участок между выходом из водосбросного сооружения и водосбросным каналом или рекой).

Открытый бетонный водосброс делают из монолитного бетона или железобетона. Для проезда автотранспорта предусматривают проезжий мост, а для прохода – пешеходный мостик. Применяют при расходах воды до $50 \text{ м}^3/\text{с}$.

Шахтный и трубчатый водосбросы

Принцип действия шахтового и трубчатого водосбросов такая же, как у сливной трубки бачка унитаза. Они имеют вертикальную часть, представляющую собой открытые трубу или шахту, верхний край которых расположен на отметке нормального подпорного уровня (НПУ). При его превышении вода автоматически сбрасывается по трубе или шахте в нижний бьеф.

Трубчатые водосбросы устраивают при расходах воды до $15 \text{ м}^3/\text{с}$, шахтные – до $30 \text{ м}^3/\text{с}$. Трубчатый водосброс – система железобетонных труб, расположенных под плотиной на материковых грунтах. Вход в сооружение представляет собой ковш, верх которого расположен на отметке НПУ. Внутренние стенки ковша – наклонные, с коэффициентом заложения 0,5–1,0. За ковшом расположен оголовок для соединения с трубами. Труба также заканчивается оголовком.

Шахтный водосброс (рис. 3) состоит из вертикальной шахты квадратного, круглого или шестигранного сечения, горизонтальной водопроводящей трубы прямоугольного или круглого сечения и водобойного колодца. Верх шахты, расположенный на отметке НПУ, огораживают мусороудерживающей решеткой. Выполняют из сборного или монолитного железобетона. В нижней части шахты иногда делают затвор для сброса всей воды из головного пруда.

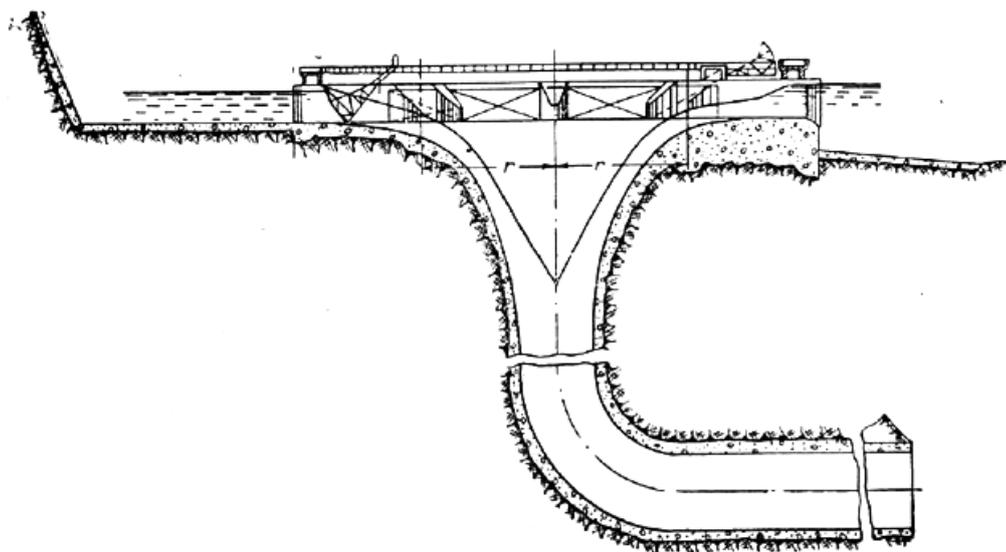


Рис. 3. Шахтовый водосброс с затворами на гребне

Управляемые водосбросы устраивают при больших расходах воды (от 30 до 200 м³/с). Осязательным элементом являются затворы, позволяющие регулировать уровень воды в головном пруду и пропускаемый через водосброс поток воды. Затворы могут быть выполнены как металлические задвижки, поднимающиеся и опускающиеся с помощью винтового подъемника. Сооружают водосбросы чаще всего в теле плотины на коренном грунте. Они представляют собой закрытый сверху бетонный или железобетонный лоток прямоугольного сечения, входная часть которого перегороджена затвором. При строительстве прудов для фермерских хозяйств сооружение управляемых водосбросов маловероятно.

Донные водоспуски (монахи) могут быть отнесены к водосбросным сооружениям, так как с их помощью можно сбрасывать излишек воды в прудах при паводке. Чаще всего донные водоспуски относят к сооружениям рыбосборно-осушительной системы прудов. Донные водоспуски – сооружения, предназначенные для полного сброса воды из прудов и перемещения рыбы в рыбоуловитель, а также для регулирования уровня воды и для обеспечения водообмена; наряду с плотинами и дамбами

относятся к группе основных и обязательных гидротехнических сооружений рыбоводных прудов. В небольших прудах с малым расходом воды, используемых в фермерских хозяйствах, могут быть единственными и достаточными водо- и рыбопропускными сооружениями.

Донный водоспуск (рис. 4) располагают в самой низкой точке пруда, чтобы вода самотеком сливалась из него. Основные части донного водоспуска – входная часть, вертикальная башня (стояк), водопроводящая и выходная части, служебный мостик. Входную и выходную части делают из бетона или железобетона, вертикальную башню и горизонтальную водопроводящую часть – из асбоцементных, бетонных, железобетонных, металлических или пластиковых труб. Последние применяются все чаще. Они легче стальных в девять раз, устойчивы к коррозии, характеризуются минимальными потерями напора воды из-за увеличения шероховатости, удобны при монтаже, не разрушаются, а только растягиваются при замерзании воды в них. Диаметр труб рассчитывают, исходя из площади пруда, его глубины и нормативного времени сброса воды из него. В вертикальной башне (стояке) имеются пазы из швеллеров для рыбозаградительных решеток и шандор.

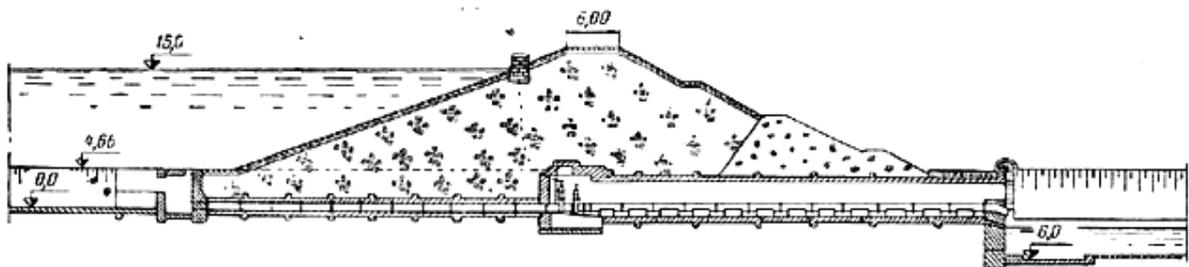


Рис. 4. Донный водоспуск

Шандоры – деревянные щитки, представляющие собой гладко оструганные доски или брусья высотой 15–20 см и толщиной 20–50 мм. Шандоры могут быть с ровной боковой поверхностью и с выступами. Во втором случае ряд из них представляет собой шпунтовую стенку. Шандоры вставляют в пазы в стояке. Обычно имеется два ряда шандор. Первый – со стороны воды в пруду и второй – ближе к дамбе. В первом ряду внизу ставят рыбозаградительную решетку. В этом случае вода через решетку проходит в пространство между рядами шандор и переливается через второй ряд. Убирая или добавляя одну или несколько шандор во второй ряд, мы можем понизить или повысить уровень воды в пруду. При этом два ряда шандор и решетка в первом ряду обеспечивают сброс нижних, наиболее загрязненных слоев воды, куда оседают экскременты рыб, погибшие водоросли и зоопланктон, остатки кормов. Решетка препятствует

выходу рыбы из пруда. Такое устройство стояка наиболее рациональное и пригодно при организации водообмена в прудах. Для того чтобы вода не просачивалась между шандорами, между рядами насыпают немного опилок. Они плотно закупоривают имеющиеся щели.

Для небольших прудов, чтобы удешевить строительство, применяют донные водоспуски упрощенного типа, без стояка. Донный водоспуск упрощенного типа состоит из приямка, лежака с затвором и устройства для открывания и закрывания затвора.

Последнее может быть выполнено в виде лебедки с тросом или стержня с винтовой нарезкой, приваренного к металлической задвижке-затвору,двигающейся в пазах-швеллерах. Лежак укладывают в теле плотины на уровне дна. Такие упрощенные водоспуски часто применяют для прудов, построенных в балках и оврагах. На малых прудах площадью до 1 га и донный водоспуск, и паводковый водосброс можно сделать в виде труб, уложенных в плотине или дамбе. При этом трубу донного водоспуска располагают на уровне дна пруда, а паводкового водосброса – на отметке нормального подпорного уровня. Со стороны сухого откоса плотины обе трубы оборудуют решетками и задвижками, открывающимися с помощью винтового подъемника. Для того чтобы поток воды из верхней трубы не размывал откос дамбы, его укрепляют каменной наброской, бетонными плитами или прокладывают лоток до нижнего бьефа. Диаметр труб рассчитывают по приведенной выше формуле для донных водоспусков, зная расход воды. Итак, мы построили плотину с водосбросным сооружением и донным водоспуском и у нас образовался русловой пруд, в котором после установки верховины и строительства рыбоуловителя мы можем выращивать рыбу.

Строительство плотины

На площади основания плотины вырубают деревья, кустарник, выкорчевывают пни, удаляют на глубину 0,5–1,0 м растительный слой с корнями и ходами землеройных животных. Это необходимо для лучшего сопряжения тела и основания плотины. Далее закладывают зуб или замок. Для этого по центру будущей плотины роют траншею, достигающую водоупорного слоя, а затем заполняют её послойно суглинком или глиной с тщательной утрамбовкой каждого слоя. Выбрать наилучший наполняющий грунт поможет простой прием. Если глина или суглинок не выпадают из перевернутого ведра, значит они пригодны для укладки в траншею. В виде наклонных ступеней зуб или замок выводят по берегам на 0,5 м выше максимального уровня воды будущего пруда. Сооружение зуба или замка

не только способствует более плотному сопряжению тела плотины с основанием, но и препятствует просачиванию воды через основание плотины. Затем приступают к строительству тела плотины.

Грунт в плотину насыпают слоями толщиной 20–30 см, смачивают его и укатывают катками. Не допускается укладка мерзлого грунта, поэтому лучше всего строить плотину в летнее время. Следует учитывать, что плотина после возведения оседает, поэтому её первоначальная высота должна быть на 10–20 % выше расчетной. Расчетная высота плотины складывается из напора воды в головном пруду плюс сухой запас, чтобы вода не переливалась через гребень. Обычно сухой запас составляет 1–1,5 м. Ширина гребня зависит от категории дороги, которая по нему проложена, и составляет обычно 5–6 м, но не менее 3 м. Крутизна (коэффициент заложения) откосов зависит от грунта.

Укрепление откосов

Откосы плотины, особенно верховой (мокрый), защищают от волн, льда, атмосферных осадков, механических повреждений различными креплениями. Для этого применяют каменные, железобетонные (сборные и монолитные), асфальтобетонные и биологические крепления. Для низконапорных плотин применяют, в основном, последние. Биологическое крепление представляет собой посадку по откосу кустарника, деревьев, одерновку и засев трав. Это наиболее дешевый способ защиты откосов от осыпания и размывания, не требующий затрат на ремонт и восстановление.

Однако посаженные растения требуют ухода в первые годы развития. Из древесных растений наилучшие – ивовые, не теряющие способности к росту при затоплении. Густая ивовая поросль, пронизывая корнями грунт в теле плотины, повышает устойчивость откоса к осыпанию и препятствует выносу частиц через низовой откос, так как избыточная фильтрующаяся влага всасывается корнями. При посеве многолетних трав на откосах из супеси и песка насыпают плодородный слой почвы толщиной 10 см. На откосах из суглинка или торфа посев производят без подсыпки почвы. При покрытии откосов дерном выбирают плотный луговой дерн, который нарезают лентами шириной 25 см и длиной 2–3 м или прямоугольниками 30–50 см. Дернины прикрепляют к откосу колышками или металлическими прутьями. Прямоугольные дернины – по углам, а лепты – через каждые 50 см.

Вопросы для самоконтроля

1. Разновидности водосбросных устройств.
2. Принцип работы водосбросного устройства.
3. Технологии укрепления откосов плотины.

ЛЕКЦИЯ 5

СООРУЖЕНИЕ ПЛОТИНЫ

План лекции

1. Типы земляных плотин.
2. Методы снижения водопроницаемости плотин.

Плотина – гидротехническое сооружение, создающее водоем, которое перегораживает русло водотока и удерживает воду с одной стороны на более высоком уровне, чем с другой. Разность между уровнями воды с одной и другой стороны плотины называется **напором**. Различают высоконапорные плотины с напором более 50 м, средненапорные – от 15 до 50 м и низконапорные – менее 15 м. Последние чаще всего строят в рыбоводных хозяйствах.

Строят плотины, как из однородного, так и из разнородного грунта. В рыбоводных хозяйствах строят в основном земляные плотины высотой до 10 м. Земляные плотины отличаются простотой конструкции и могут быть сооружены в любых географических и геологических условиях. При их возведении должны быть соблюдены следующие основные требования: створ плотины располагают перпендикулярно направлению течения реки в наиболее узкой части поймы, чтобы уменьшить длину плотины и стоимость её строительства.

Земляные плотины по роду материалов, из которых они возводятся, и по конструкции поперечного профиля подразделяются на следующие типы (рис. 5):

- I – плотины из одного грунта (однородные),
- II – плотины из разных грунтов,
- III – плотины с ядром из грунта,
- IV – плотины с жесткой диафрагмой (из бетона, железобетона, металла),
- V – плотины с пластичным экраном,
- VI – плотины с жестким экраном.

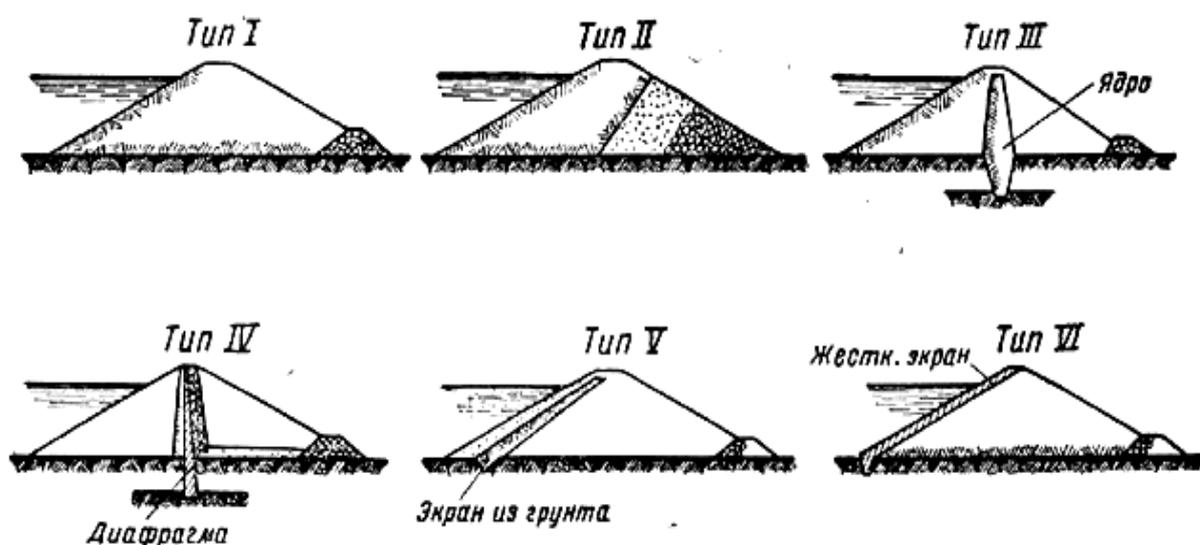


Рис. 5. Типы земляных плотин

Конструкция плотины и её размеры должны полностью предотвращать фильтрацию (просачивание) воды через тело плотины и через её основание. В противном случае вместе с водой будут вымываться частицы грунта, плотина будет оседать и постепенно разрушаться. Не допускается перелив воды через гребень плотины, так как в этом случае неизбежны вынос частиц грунта и быстрый размыв плотины. Для предотвращения перелива воды через гребень в теле плотины или в обход её устраивают водосбросные сооружения, рассчитанные на пропуск максимально возможных в данной местности паводковых вод.

Сопряжение тела плотины с основанием, берегами и бетонными сооружениями должно быть надежным и гарантировать устойчивость и невозможность сдвига её под напором воды в головном пруду. Откосы плотины должны быть надлежащим образом укреплены и защищены от размыва волнами. Гребень должен быть укреплен в соответствии с классом дороги, которая будет проходить через плотину.

Плотины строят из однородного и разнородного грунта. Для лучшей защиты от фильтрации воды, а также для более плотного сопряжения тела плотины с основанием в плотине устраивают экран, ядро, зуб, замок или диафрагму. Плотины из однородного грунта чаще всего строят из суглинка, который является наилучшим материалом. Глину применять не следует, так как при намокании она расползается, при высыхании трескается, а при промерзании вспучивается. Песчаные грунты сильно водопроницаемы, вследствие чего плотина из песка должна быть слишком большой. Использование торфа возможно при степени его разложения не менее 50 %.

При этом откосы и гребень покрывают слоем песка толщиной 0,5 м для защиты от промерзания, высыхания и возгорания. Коэффициенты заложения откосов плотин (отношение заложения откоса к высоте плотины) для различных грунтов представлены в табл. 6.

Таблица 6

Состав и характеристики используемых грунтов

Грунт	Коэффициент заложения откоса	
	верхового	низового
Суглинок	2,5–3,0	1,5–2,5
Супесь	3,0–3,5	2,25–2,5
Песок	3,0–3,5	2,5–3,0
Торф	4,0	2,5

Из таблицы видно, что откосы плотин делают пологими, при этом верховой (мокрый) откос более пологий, чем низовой (сухой). Плотины из разнородного грунта устраивают при недостатке суглинка. Они состоят из суглинка на 30–69 % со стороны верхового откоса, песка и камня. Плотины с экраном из грунта или негрунтового материала строят для уменьшения водопроницаемости плотины. При недостатке суглинка грунтовые экраны сооружают из глины, жирного суглинка или глинобетона (смеси из 24 % глины, 36 % песка и 40 % гравия или щебня).

Поперечный разрез плотины с грунтовым экраном. Толщина экрана должна быть не менее 0,8 м вверху, внизу – несколько больше. Верхняя часть экрана должна возвышаться над уровнем воды в головном пруду не менее чем на 0,5 м. Экран врезают в основание плотины на 1,5 м. Располагают его наклонно, ближе к мокрому откосу. При отсутствии подходящих грунтов для сооружения экранов применяют бетон, железобетон, полимерные материалы. Жесткие экраны дороже и могут давать трещины.

Негрунтовые экраны укладывают на мокром откосе. Плотины с ядром строят при нехватке суглинка для уменьшения фильтрации. В отличие от экрана ядро располагают по оси плотины. Его выполняют из жирного суглинка или глинобетона. Оно имеет форму трапеции. Верх ядра шириной 0,8–1,5 располагают выше уровня воды не менее чем на 0,5 м. Нижнюю часть ядра, которая шире верхней, врезают в водоупорный слой не меньше чем на 0,5 м. Плотины с диафрагмой. Сооружают в том случае, если нет в наличии маловодопроницаемых грунтов, таких как глина и суглинок. Диафрагму

располагают вдоль оси плотины и выполняют из бетона, железобетона или металла. Толщина верхней части, возвышающейся над уровнем воды не менее чем на 0,5 м, составляет 0,3–0,5 м, нижней части, врезающейся в водоупорный слой, – чуть больше. Для лучшего сопряжения тела плотины с основанием устраивают зуб или замок.

При расположении плотины на маловодопроницаемом основании делают зуб. Он представляет собой траншею трапециидального сечения, вырытую вдоль оси плотины и заполненную жирным суглинком или глиной с тщательной утрамбовкой. Ширина зуба внизу и его высота зависят от напора и составляют соответственно 0,2 и 0,4 Π , где Π – напор воды. В берега зуб врезают на 0,5 м выше нормального подпорного уровня (НПУ). Коэффициент заложения откосов зуба – 0,5–1,0. Замок отличается от зуба большими размерами. Его устраивают при залегании водонепроницаемого слоя на глубине 2–3 м. Если водонепроницаемый слой залегает на глубине более трех метров, устраивают диафрагму, высота которой зависит от глубины залегания этого слоя.

Вопросы для самоконтроля

1. Основные элементы плотины.
2. Водозадерживающие элементы земляных плотин.
3. Элементы сопряжения плотины с берегом.

ЛЕКЦИЯ 6

ПОСТУПЛЕНИЕ КИСЛОРОДА В ВОДУ

План лекции

1. Газовый состав природных вод.
2. Гидрохимические показатели природной воды.
3. Изыскательские работы при строительстве гидротехнических сооружений.

При определенной температуре и давлении в воде может раствориться строго определенное количество кислорода. Растворимость его растет при понижении температуры и повышении давления. Так, при температуре 20 °С и давлении 1 атм. 100 %-ное насыщение водой кислородом составляет около 9 мг/л, или 9 г/м³. Главным источником поступления кислорода в воду является процесс фотосинтеза водорослей, прежде всего, мелких одноклеточных, так называемого фитопланктона, который дает почти 100 % всего кислорода, вырабатываемого водными растениями.

Другой путь поступления кислорода в воду – из атмосферы. Если в воде находится кислорода меньше, чем 100 % насыщения, то есть то максимальное количество, которое может раствориться, то мы наблюдаем процесс инвазии – абсорбции кислорода из атмосферы в воду. Если же вследствие массового развития в водоеме фитопланктона и бурного процесса фотосинтеза в воде оказывается кислорода больше, чем может раствориться, то он в виде пузырьков выделяется из воды в атмосферу. Этот процесс называется *эвазией*. Эвазия гораздо более редкое явление для рыбоводных прудов, чем инвазия. Кроме дыхания организмов кислород расходуется в водоемах для процессов самоочищения, окисляя избыточное количество органических и неорганических веществ.

Утром концентрация кислорода в воде минимальна, так как ночью при отсутствии света фотосинтез не происходит, кислород только расходуется на дыхание. С восходом солнца его концентрация повышается, достигая максимума в послеполуденные часы. При слишком интенсивном развитии фитопланктона в прудах в безветренную погоду при отсутствии перемешивания слоев воды может наблюдаться неравномерное вертикальное распределение кислорода. У дна кислорода может не быть совсем, а в поверхностном слое – перенасыщение до 250–300 %. Это явление называется *кислородной стратификацией*. Если оно продолжается больше суток, то может послужить причиной замора – гибели рыб, так как в придонных слоях образуются вредные продукты бескислородного

разложения органических веществ, такие как сероводород, метан, аммиак. Концентрацию растворенного в воде водоемов кислорода определяют ежедневно в ранние утренние часы. При её снижении ниже технологической нормы используют приемы, направленные на её увеличение: водообмен, аэрацию, удобрение прудов с целью стимулирования процессов фотосинтеза, уменьшение норм кормления рыбы, известкование прудов.

Углекислый газ, или двуокись углерода, является другим важным газом, находящимся в воде. Источником его поступления являются процессы биохимического распада и окисления органических веществ, а также дыхания водных животных и растений. Углекислый газ служит главным источником построения органических веществ зелеными растениями. Растворяясь в воде, углекислый газ образует угольную кислоту H_2CO_3 , подкисляя воду. Большое количество двуокиси углерода (более 30 г/м^3) свидетельствует о загрязнении водоема органическими веществами. В этом случае пруды либо известкуют, либо аэрируют при снижении уровня кормления рыбы.

Сероводород и аммиак образуются в результате анаэробного, то есть без присутствия кислорода, разложения органических веществ и в первую очередь белков. Присутствие сероводорода в воде даже в незначительных количествах губительно для рыб и категорически недопустимо в рыбоводных водоемах. Определить его наличие можно по запаху тухлых яиц. Появление сероводорода в придонных слоях водоема служит признаком острого дефицита кислорода и развития заморных явлений. При появлении характерного запаха нужно немедленно сбросить нижний, наиболее загрязненный слой воды, добавить свежей воды, включить аэраторы, если они имеются в наличии. Содержание сероводорода зависит от рН. Чем он ниже, то есть чем кислее среда, тем его больше. При рН не более 8 он практически отсутствует. Концентрация свободного аммиака в воде также очень связана с рН. Однако в отличие от сероводорода доля его увеличивается с ростом водородного показателя. Естественным источником аммиака в воде служат прижизненные выделения рыб и других водных обитателей. Токсичность аммиака для рыб в значительной мере зависит также от концентрации кислорода, температуры и жесткости воды. Допустимое содержание свободного аммиака в воде рыбоводных прудов составляет $0,1 \text{ г/м}^3$.

Активная реакция среды, или водородный показатель (рН) характеризует кислотность воды и определяется концентрацией водородных ионов. Выражается в безразмерных единицах от 1 до 14. Реакция среды нейтральная при рН, равном 7. При рН менее 7 среда кислая, если рН больше 7, то среда

щелочная. Для нормального роста и развития большинства видов рыб наилучшей считается нейтральная или слабощелочная реакция воды. Показатель рН может изменяться в течение суток на 2–3 единицы. Летом, во время массового развития водорослей, растения извлекают в течение дня из воды свободную углекислоту, к вечеру её содержание часто уменьшается почти до нуля. В воде не содержится угольной кислоты, рН повышается, и реакция воды становится щелочной. Поскольку концентрации свободной углекислоты, аммиака и сероводорода тесно связаны с активной реакцией среды, водородный показатель иногда причисляют к параметрам, характеризующим газовый режим водоема. Измерять рН воды рыбоводных водоемов следует не менее двух раз в день: утром и вечером.

Органические вещества поступают в водоем различными путями. Основным источником органического вещества в интенсивно эксплуатируемых прудах – корма для рыб. Часть из них может быть по тем или иным причинам не использована рыбой. Остатки корма загрязняют водоем. Потребленные рыбой корма в виде экскрементов также загрязняют воду. Однако следует помнить, что экскременты рыб в гораздо меньшей степени загрязняют воду, чем остатки корма. Поэтому следует всячески избегать его потерь. При отмирании водорослей также образуется значительное количество органического вещества. Поэтому, как упоминалось выше, следует препятствовать чрезмерному развитию фитопланктона. О наличии в воде органического вещества судят по таким показателям как перманганатная, бихроматная, агрессивная окисляемость, биохимическое потребление кислорода за одни или пять суток (БПК₁ и БПК₅).

Общее количество органического вещества определяют по бихроматной окисляемости. Перманганатная окисляемость составляет примерно 40 % всего органического вещества. В первом случае органическое вещество окисляют бихроматом калия, а во втором – перманганатом калия. Отсюда и названия показателей. Измеряют их в мг кислорода, пошедшего на окисление органического вещества в 1 л воды или в г кислорода на 1 м³. Агрессивная окисляемость показывает долю сверхлегкоокисляемого органического вещества. Её величина в 40 % свидетельствует об относительно чистой воде, 40–60 % – о наличии органического загрязнения, 70–80 % – об угрозе замора. Сама по себе высокая окисляемость не вредит рыбам, однако на окисление органического вещества требуется кислород, который необходим рыбам. Поэтому следует избегать превышения допустимых значений этого показателя.

Азот и фосфор относятся к биогенным элементам. Само название этих элементов говорит об их важности. В переводе на русский язык биогены означают «создающие, образующие жизнь». При недостатке азота и фосфора

замедляется рост растений. Однако их избыток свидетельствует о загрязнении водоемов. Азот находится в воде в виде солей аммония, нитритов, нитратов и альбуминоидного азота, входящего в состав разлагающихся органических веществ. Присутствие аммонийного азота свидетельствует о поступлении продуктов распада белков, мочевины или их поступлении с притекающей водой или поверхностными стоками. Нитриты образуются в результате неполного окисления азота при недостатке кислорода, служат показателем поступления свежего органического загрязнения и даже в небольших количествах нежелательны в рыбоводных водоемах.

Нитраты образуются в результате окисления аммония, поступления со сточными водами и атмосферными осадками, потребляются фитопланктоном. Наличие определенного, но не чрезмерного количества нитратов в воде рыбоводных прудов, так же как и солей аммония, необходимо. Фосфор присутствует в воде в виде солей фосфорной кислоты и других соединений. Обычные его концентрации по сравнению с азотом невелики. И рыбоводные пруды очень часто страдают от нехватки фосфора и нуждаются в фосфорных удобрениях. Однако повышенное содержание фосфатов (более $0,5 \text{ г/м}^3$) может свидетельствовать о загрязнении водоема.

Показатели качества воды и требования, предъявляемые к ним

Вода водоисточника должна удовлетворять следующим требованиям:

- отвечать биологическим особенностям выращиваемых видов рыб;
- обеспечивать выращиваемой рыбе товарные качества;
- предотвращать накопление ядовитых веществ в рыбе;
- не содержать веществ, портящих вкус или придающих рыбе неприятный запах;
- не должна быть источником заболеваний рыб.

Перед строительством рыбоводного хозяйства следует провести всестороннее исследование воды на предмет соответствия её качества рыбохозяйственным нормативам. Для этого в ближайшей санэпидстанции проводят гидрохимические, токсикологические, бактериальные, паразитологические анализы проб воды, взятых в водоисточнике. При несоответствии качества воды рыбохозяйственным требованиям определяют способы водоподготовки: аэрация, очистка воды и другие. Качество воды рыбоводных водоемов характеризуется такими показателями как температура, прозрачность, цветность, растворенные газы (кислород, двуокись углерода, аммиак, сероводород), водородный показатель (рН), органические вещества, биогенные элементы (азот, фосфор), солевой состав, численность микроорганизмов.

Температура воды в водоеме зависит от его географического расположения, времени года и других факторов. Температура играет исключительно важную роль в жизни рыб и других водных организмов, которые относятся к пойкилотермным, или холоднокровным животным. Температура их тела зависит от температуры окружающей среды. По отношению к температуре воды всех рыб принято разделять на теплолюбивых и холодолюбивых. К первой группе относят карпа, карасей, растительноядных рыб: белого амура, белого и пестрого толстолобиков, тиляпий, сомов и других. Ко второй — лососевых рыб: форель, лосось, пелядь, сиг и другие. Для теплолюбивых рыб наиболее благоприятная температура для роста – 20–30 °С, для холодолюбивых – 10–20 °С. Вода обладает очень важным для живой природы свойством, которое определяет саму возможность жизни в замерзающих водоемах. Максимальную плотность вода имеет при температуре 4 °С. При 0 °С, то есть в точке замерзания, вода имеет меньшую плотность. Вот почему лед поднимается на поверхность водоема, а не остается у дна, и защищает водоем от полного промерзания. Вода обладает большой теплоемкостью, она медленно нагревается и долго остывает. Именно с этой особенностью связан более мягкий климат прибрежных стран. Температура воды в летнее время обычно немного повышается к вечеру. Поэтому измерять её нужно ежедневно не менее двух раз: утром и вечером, чтобы определить среднесуточную температуру.

Прозрачность воды зависит от количества сестона, то есть взвешенного живого и неживого органического и неорганического вещества. Прозрачность измеряют с помощью специального белого или окрашенного в разные цвета диска, прикрепленного к размеченному тросу или штанге. На штанге отметки наносят через каждые 10 см. Диск опускают в воду до той глубины, где он перестает быть виден. В рыбоводных прудах, особенно в карповых, прозрачность бывает очень незначительной (20–40 см) вследствие роющей активности карпов, взмучивающих ил.

Иногда прозрачность сильно уменьшается вследствие вспышки развития микроскопических водорослей – фитопланктона. Увеличить прозрачность воды в водоеме можно путем внесения извести, осаждающей сестон. Цветность воды пресноводных водоемов зависит от содержания в ней органических веществ растительного происхождения, так называемых *гумусовых*, которые придают воде буроватый оттенок. Бурая болотистая вода малопригодна для выращивания рыбы. Иногда цвет воды зависит от цветения тех или иных водорослей: зеленых, сине-зеленых, диатомовых и других и может варьировать от ярко-зеленого до желтоватого или голубоватого. Мощные вспышки развития фитопланктона в прудах,

так называемое **цветение водоемов**, нежелательны, так как через несколько дней после бурного развития водоросли начинают отмирать, на их разложение расходуется большое количество кислорода, и может возникнуть предзаморная ситуация или даже замор – гибель рыб от недостатка кислорода. Один из способов борьбы с чрезмерным «цветением» водоема – известкование.

Цветность измеряется длиной волны в нанометрах (нм). Для карповых прудов технологической нормой считается длина волны 550–580 нм, что соответствует желто-зеленому или зелено-желтому цвету. Для форелевых – допустимые границы от 515 до 565 нм, что соответствует переходу от сине-зеленого через зеленый к желто-зеленому цвету.

Измерять цветность удобно во время измерения прозрачности. Для этого на диске диаметром 10 см наносят 16 секторов с углом 22,5°. Цвета чередуются от фиолетового с длиной волны 420 нм до вишневого (680 нм). Измерив прозрачность, помещают диск на глубину половины прозрачности. При этом диск виден отчетливо, а его белый сектор окрашен естественным цветом воды. Выбирая сектор, наиболее схожий по цвету на белом секторе, определяют цветность. В табл. 7 представлен порядок и название эталонов цветности, нанесенные на сектора диска и соответствующие им длины волны.

Таблица 7

Соотношение цветности и длины волны

Наименование цвета	Длина волны, нм
Фиолетовый	420
Синий	460
Зелено-синий	490
Сине-зеленый	515
Зеленый	540
Желто-зеленый	550
Зелено-желтый	565
Желтый	580
Оранжево-желтый	590
Желто-оранжевый	610
Оранжевый	620
Красный	650
Вишневый	680
Белый	–
Серый	–
Черный	-

Измерять цветность воды рекомендуется так же, как температуру и прозрачность, дважды в день – утром и вечером, в одной, как правило, наиболее глубокой точке пруда у донного водоспуска или в нескольких точках пруда. Кислород является одним из важнейших газов, растворенных в воде, так как он необходим для дыхания всех водных животных и растений.

Вопросы для самоконтроля

1. Зависимость содержания кислорода в воде от внешних факторов среды.
2. Пути образования аммиака и сероводорода в природных водоемах.
3. Методы определения прозрачности и цветности воды.
4. Зависимость цвета от длины волны.

ЛЕКЦИЯ 7

СООРУЖЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРУДОВ

План лекции

1. Сооружение прудов.
2. Сооружение бетонного пруда.
3. Эксплуатация пруда.

Во многих местах среди полей, лугов имеются углубления в виде низин, оврагов, представляющих собой русло когда-то существовавшего или протекающего в настоящее время ручья или реки. Если такую низину, овраг перегородить от одного возвышенного берега до другого земляной насыпью – плотиной, то перед плотиной начнет скапливаться атмосферная, грунтовая, родниковая или речная вода и образуется водная поверхность. Такой искусственно сооруженный водоем называется *прудом*.

Пруды в большом количестве сооружаются для различных нужд сельского хозяйства. Все пруды, как правило, можно одновременно использовать и для разведения рыбы. При строительстве новых или восстановлении разрушенных прудов для рыбоводства необходимо соблюдать условия:

1. Дно пруда должно быть выровнено, чтобы не было ям и низких мест, так как наличие их в ложе (дне) пруда вызывает заболачивание почвы.

2. Растущие у берега и на ложе пруда кустарник, деревья, а также пни, коряги должны быть вырублены и выкорчеваны вровень с дном пруда. Иначе при заполнении пруда водой они будут препятствовать вылову рыбы, способствовать заилению и зарастанию пруда.

3. Необходимо расчистить имеющиеся выше плотины ключи, родники, выходы грунтовых вод в целях увеличения притока воды в пруд.

4. Каждый пруд желательно сделать спускным, так как в спускном пруду удобнее проводить вылов и обработку дна. Спускные пруды дают больший прирост рыбной продукции, менее подвержены заболачиванию и заилению по сравнению с неспускными.

Пруды овражные сооружаются на сухих или маловодных лощинах, пологих оврагах. Это наиболее распространенный тип прудов. Как правило, они находятся вблизи селений и сооружаются для различных хозяйственных нужд: водоснабжения, полива огородов, стирки белья, купания и т.д., и называются *хозяйственными*. Овражные пруды – небольшие по площади: от 0,5 и более гектара с глубиной в среднем 1–1,5 метра, а у плотины 2–3 метра.

Вода в этих прудах, обычно непроточных или слабопроточных, хорошо прогревается солнцем. Здесь обильно развивается водная растительность, дно илистое. Овражные пруды – наилучшие водоемы для разведения карпа. В этих прудах можно разводить вместе с карпом линя, карася, судака, ряпушку и других рыб.

Перед запуском посадочного материала необходимо произвести очистку дна водоема, установку донного водоспуска и вылов сорной рыбы.

Пруды лесные и парковые находятся обычно в лесу или парках среди растущих на берегу или в самой воде деревьев и кустарников. Эти пруды обычно сильно заилены, закоряжены, требуют вырубки деревьев и кустарников, растущих по береговой полосе, очистки дна от коряг, пней, ила. Перед использованием таких прудов для нагула рыбы их надо полностью осушить на один-два года и установить донный водоспуск. В парковых прудах можно разводить карпа и других рыб.

Пруды-водохранилища – крупные водоемы с обширной водной площадью (в несколько десятков и сотен гектаров). Они предназначены для орошения полей.

При строительстве прудов-водохранилищ следует обращать внимание на выравнивание дна водоема. Особенно тщательно надо засыпать ямы старого русла для удобства облова, удалять кустарники, пни, коряги, остатки строений и т. п. В таких прудах в зависимости от условий жизни для рыб можно разводить карпа, сазана, леща, судака, форель, сига, ряпушку, стерлядь и др.

Торфяные пруды-карьеры образуются на торфоразработках после выработки торфа. Эти сотни тысяч гектаров заполненных водой торфяных карьеров, представляют собой бросовые земли.

В старых карьерах, заполненных водой, водится преимущественно мелкий выродившийся карась, в редких случаях – щука и другая малоценная рыба. Из-за сильной засоренности карьеров пнями, корягами, земляными перегородками вылов рыбы из них сильно затруднен.

Практика показывает, что если устроить снабжение их доброкачественной водой, то можно организовать прудовое хозяйство и выращивать в карьерах карпа. Рыбоводные хозяйства на торфяных карьерах могут ежегодно давать 1–2 и более центнеров рыбы с 1 гектара водной площади.

Приспособление торфяных карьеров для рыбоводства также состоит в удалении пней, коряг, сучьев, выравнивании дна и откосов, устройстве водоподающих и водоспускных канав. После их очистки и приспособления торфяных карьеров под рыбоводство при обильном водоснабжении может быть организовано хорошее рыбоводное хозяйство.

Сооружение бетонного пруда

При сооружении бетонного пруда требует очень хорошей подготовки основания. Необходимо его сильно утрамбовать. Ещё лучше, если выкопанная под пруд яма после трамбовки некоторое время простоит пустующей, чтобы грунт осел. Затем ложе и стенки пруда повторно утрамбовывают. Бетонный пруд должен быть построен технологически очень верно, иначе он обязательно даст течь и вся предыдущая работа пойдет насмарку. Поэтому, если вы не обладаете необходимыми знаниями и навыками, лучше пригласить для консультации профессионального строителя или гидротехника. Стенки пруда могут быть наклонными или вертикальными. В последнем случае воду на зиму обязательно сливать, иначе сильное давление льда нарушит целостность пруда. При наклонных стенках вода, замерзая, не производит такого сильного давления на бетон и герметичность сохраняется. Уклон откосов делают равным приблизительно 45° . При бетонировании и вертикальных, и наклонных стенок требуется изготовить деревянную опалубку, препятствующую сползанию сырой бетонной массы. После того, как слой бетона будет уложен, его необходимо накрыть мешковиной, защищающей от солнца и регулярно смачивать её водой. Примерно через неделю опалубку удаляют и заливают пруд водой. При первом залитии выделяется много извести, поэтому через несколько дней воду из пруда сливают и заполняют его заново. Если известь продолжает выделяться, повторяют эту процедуру.

Эксплуатация пруда

Эксплуатация пруда и плотин включает мероприятия по надзору и уходу за плотиной и водосбросными сооружениями, их ремонт и мероприятия по благоустройству территории пруда.

Основными видами повреждения гидротехнических сооружений являются:

- перелив воды через гребень плотины;
- фильтрация воды через плотину;
- разрушение плотины волнобоем;
- повреждение водосбросных сооружений.

Перелив воды через гребень наблюдается при очень больших паводках или вследствие неподготовленности водосбросных сооружений к пропуску паводка. Для предотвращения перелива воды водосбросные сооружения необходимо весной перед половодьем очистить от снега, льда, мусора. При больших паводках, когда водосбросные сооружения не успевают сбросить воду, для устранения перелива воды необходимо устроить временный водосбросный канал с отводом воды в балку ниже плотины.

Трещины часто образуются на новых плотинах до полной усадки грунта вследствие его замерзания в верхних слоях и продолжающейся осадки нижних слоев, что ведет к образованию пустот. При образовании в плотине поперечной трещины нужно выкопать траншею 1,5–2,0 м глубиной на 0,5 м ниже глубины трещины. При продольной трещине траншею выкапывают вдоль трещины на всю ее длину. Трещину заполняют тем же грунтом, из которого устроена плотина, слоями 15–20 см с тщательной трамбовкой.

Фильтрация воды через плотину может наблюдаться при нарушении правил проектирования или строительства. Для устранения фильтрации необходимо увеличить основание плотины за счет ее уширения со стороны сухого откоса или устроить дренаж. Если фильтрующаяся через дренажное устройство вода чистая, то это указывает на хорошее состояние плотины.

Разрушение плотины волнобоем устраняют креплением мокрого откоса каменной отмосткой, бетонными плитами или наброской камней по квадратам, созданным из кольев ивы.

Водосбросные сооружения следует постоянно очищать от мусора, а весной от снега и льда. Наиболее частыми видами повреждения водосбросных сооружений является образование провалов вдоль их стенок вследствие фильтрации воды. Все провалы за стенками водопропускных сооружений следует своевременно заполнять грунтом.

Во избежание размыва плотин необходимо ко времени половодья или паводка организовать наблюдение и сосредоточить нужные материалы и механизмы.

В систему эксплуатационных мероприятий входит благоустройство территории вокруг пруда, восстановление нарушенного дернового покрытия, создание древесно-кустарниковых насаждений (ассортимент пород подбирают в зависимости от почвенно-климатических условий). На берегах водохранилища по урезу воды, особенно в местах разрушения берега волнобоем, целесообразна посадка кустарниковых ив. При использовании пруда для тушения пожаров строят подъездные пути и помосты в местах забора воды.

Периодически необходимо проводить очистку пруда от травянистой водной растительности. Небольшие пруды очищают вручную, для очистки больших прудов используют специальные косилки и земснаряды. Через 20–30 лет, освободив пруд от воды полностью, очищают его от растительности, мусора и ила. Воду отводят через водоспуск.

Вопросы для самопроверки

1. Требования, предъявляемые при проектировании прудов.
2. Положительные и отрицательные стороны бетонного пруда.
3. Профилактические работы при эксплуатации прудов.

ЛЕКЦИЯ 8

АЭРАЦИЯ ВОДЫ

План лекции

1. Химическая аэрация прудов.
2. Механическая аэрация прудов.
3. Борьба с излишней растительностью.

Аэрация – искусственное насыщение воды воздухом с целью повышения концентрации растворенного кислорода. Благоприятный кислородный режим – необходимое условие эффективного выращивания рыбы. Поэтому мы должны делать все необходимое, чтобы поддерживать его на требуемом уровне. Различают биологическую, химическую и механическую аэрацию.

Белый толстолобик питается фитопланктоном, в его рацион входят в основном крупные, более доступные клетки, которые являются по возрасту более старыми. Потребляя их, он способствует омолаживанию популяции фитопланктона. Молодые, более продуктивные клетки водорослей интенсивнее осуществляют процесс фотосинтеза и выделяют в воду больше кислорода, вследствие чего кислородный режим улучшается. Кроме этого белый толстолобик потребляет детрит. Тем самым уменьшается общее количество органического вещества в водоеме, которое, окисляясь, забирает кислород из воды. Таким образом, белый толстолобик способствует и большему поступлению кислорода в воду прудов, и меньшему его расходованию.

Белый амур, питаясь жесткой водной растительностью, способствует уменьшению зарастаемости водоемов и тем самым улучшению условий для развития фитопланктона, который на несколько порядков превосходит высшую водную растительность, по уровню первичной продукции. Кроме того, отмирая, высшая водная растительность забирает кислород из воды на окисление органического вещества. В прудах, где выращивают белого амура и белого толстолобика, кислородный режим, как правило, благоприятный.

Химическая аэрация заключается во внесении химических реагентов, которые, взаимодействуя с водой, выделяют кислород. К ним относятся перекись водорода (H_2O_2), марганцовокислый калий ($KMnO_4$), перекись кальция (Ca_2O) и некоторые другие. Особенно выгодно применение перекиси кальция. В результате взаимодействия с водой образуется не только кислород, но и гашеная известь $Ca(OH)_2$, которую также используют

в прудах, в том числе и для улучшения кислородного режима. Из 4,5 кг перекиси кальция образуется 1 кг кислорода и 4,6 кг гашеной извести. Доза внесения перекиси кальция 2 кг/м^3 воды. Марганцовокислый калий следует вносить в пруды очень осторожно, доза его не должна превышать $0,1 \text{ г м}^3$ или 1 кг/га .

Механическая аэрация – наиболее простой и быстрый способ аэрации. Заключается в применении различных устройств, способствующих насыщению воды воздухом. Не имеет побочных отрицательных эффектов, что может иметь место при химической аэрации. Простейшим устройством является аэрационный столик, который устанавливают в пруду в месте трубчатого водовыпуска. Вода из трубы, падая на столик, разбивается на множество мелких брызг. Пока они летят до поверхности воды, происходит их насыщение воздухом. Более производительны дождевальные установки, вращающиеся распылители, используемые для полива сельскохозяйственных культур на приусадебных участках. Ещё большей производительностью отличаются специальные устройства – аэраторы.

Аэратор «Винт» предназначен для аэрации в прудах глубиной не менее 1 м. Представляет собой полый внутри гребной винт, установленный с электродвигателем и потокообразователем на понтонах. Обслуживает 0,5 га водной площади, абсолютная производительность при концентрации кислорода, равной нулю, составляет $7,2 \text{ кг кислорода в час}$, мощность 6 кВт .

Аэратор «Ерш» более мощный, может обслуживать до 5 га водной площади. Представляет собой вращающийся ротор с приваренными к нему уголками, который частично погружен в воду. При движении ротора с уголками происходит захват воды и образование водно-воздушного облака, которое потом подается в воду. Ротор и электродвигатель установлены на понтонах. Абсолютная производительность $12 \text{ кг O}_2/\text{час}$, мощность – 11 кВт .

Аэратор «Банга», что в переводе с литовского означает «волна», предназначен для аэрации летних и зимовальных прудов, в которых он размывает майну размером несколько десятков метров. В зимовальном пруду его устанавливают в предварительно проделанную полынью размером не менее 4 м^2 , в состав аэратора входит волнообразователь, который представляет собой похожую на круглое корыто емкость из пластика, и электромагнит. Мощность – $1,1 \text{ кВт}$. Производительность по кислороду – $3,5 \text{ кг O}_2/\text{час}$. Принцип действия устройства следующий. Когда напряжение подается на электромагнит, волнообразователь погружается в воду, когда отключается – он выскакивает из воды, как поплавок. При этом образуются волны. Площадь поверхности воды увеличивается. Ускоряется процесс инвазии и концентрация кислорода повышается.

Аэратор «Банга», реализуя самый экономичный способ аэрации – волновой, является в настоящее время самым эффективным по удельной производительности, то есть отношению абсолютной производительности по кислороду к его мощности. Она составляет 3,2 кг кислорода в час на 1 кВт мощности аэратора, что выше, чем у всех отечественных и зарубежных аналогов. В заключение можно сказать, что применение механических аэраторов в летних прудах становится целесообразным при достижении уровня рыбопродуктивности свыше 2,5–3,0 тонн с одного гектара пруда. При меньшей рыбопродуктивности следует использовать другие способы улучшения кислородного режима в прудах.

В таблице 8 приведены физико-химические и химические параметры воды для выращивания рыбы.

Таблица 8

Основные гидрохимические показатели

Категория прудов	Оптимальные величины или технологические нормы	Допустимые пределы	Гибельные или вредные границы
1	2	3	4
Кислород, % насыщения			
Летние карповые и в поликультуре	58–100	Ниже 40, выше 115	Ниже 15, выше 120
Зимние карповые и в поликультуре	55–101	Ниже 47, выше 103	Ниже 32, выше 116
Летние форелевые	60–110	Ниже 95, выше 116	Ниже 30, выше 116
Углекислота (CO₂), мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	До 10	До 30	Более 140
Зимние карповые и в поликультуре	До 20	До 30	Более 100
Летние форелевые	До 10	До 20	Более 40
Сероводород (H₂S), мг/л			
Карповые и в поликультуре	0	До 1	Более 2
Форелевые	0	–	Более 1
Активная реакция (pH)			
Карповые и в поликультуре	7–7,3	Ниже 5, выше 9	Ниже 5, выше 10
Форелевые	6,9–7,2	Ниже 6, выше 10	Ниже 5, выше 10
Щелочность, мг-экв.			
Для всех прудов	1,8–2,0		
Жесткость общая, градусов			
Карповые и в поликультуре	5–8	3–5	–
Форелевые	8–12	–	Выше 60

1	2	3	4
Окисляемость, O₂, мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	15–20	30–40	Выше 40
Зимние карповые и в поликультуре	5–10	15–20	Выше 20
Летние форелевые	5–10	15–20	Выше 20
Азот альбуминовый, N, мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	До 1,0	До 2,0	Выше 2,0
Зимние карповые и в поликультуре	–	До 0,5	Выше 1
Солевой аммиак, N, мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	До 0,1	До 1,0	–
Зимние карповые и в поликультуре	–	До 0,5	–
Нитриты, N, мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	До 0,01	До 0,1	Выше 0,5
Зимние карповые и в поликультуре	До 0,001	До 0,001	Выше 0,1
Нитраты, N, мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	До 1,0	До 2,0	Выше 3,0
Зимние карповые и в поликультуре	До 1,0	До 2,5	Выше 2,5
Фосфаты, P₂O₅, мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	До 2,0	–	–
Зимние карповые и в поликультуре	До 0,2	До 0,5	Выше 1,0
Хлориды, Cl, мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	До 10,0	До 15,0	Выше 15,0
Зимние карповые и в поликультуре	До 5,0	До 10,0	Выше 10,0
Сульфаты, SO₂, мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	До 10,0	До 15,0	Выше 20,0
Зимние карповые и в поликультуре	До 5,0	До 10,0	Выше 15,0
Железо общее, Fe, мг/л			
Летние карповые и в поликультуре	До 2,0	До 4,0	Выше 5,0
Зимние карповые и в поликультуре	До 0,6	До 1,5	Выше 3,0

Борьба с излишней растительностью

В рыбоводно-биологических нормативах допускается зарастаемость прудов до 25–30 %. Однако интенсивно эксплуатируемые пруды должны быть полностью свободны от высшей водной растительности. В качестве источника кислорода при фотосинтезе они малоэффективны по сравнению с фитопланктоном. Обрастаниями, которые появляются на стеблях и листьях, карп, основной объект разведения в прудах, почти не питается. В густые заросли без необходимости не заходит, предпочитая открытую воду. А самое главное, отмершие части растений способствуют заилению водоёма. Между заилением и зарастаемостью существует тесная взаимосвязь. Сначала заиление и уменьшение глубины провоцирует зарастание водоёма, а затем сами растения способствуют увеличению толщины ила.

Существует несколько способов борьбы с зарастанием.

Предотвращение зарастания путем устранения причин, вызывающих его. Главное при строительстве новых прудов – выдерживание нормативных глубин. Возможно, а часто необходимо их изменение в сторону увеличения, но никак не наоборот. Принятые в рыбоводстве нормативы глубин для выростных и нагульных прудов находятся на грани, за которой неизбежно появление высшей водной растительности, особенно это касается выростных прудов, средняя глубина которых в I–III зонах рыбоводства составляет всего 1 м. Это означает, что довольно значительная часть пруда занята мелководьем с глубинами 50–80 см и появление здесь тростника, камыша, рогоза почти неотвратимо. Поэтому при строительстве новых прудов средние глубины должны быть увеличены примерно на 0,5 м по сравнению с нормативными для предотвращения зарастаемости и последующей борьбе с ней. Рациональное ведение рыбного хозяйства, использование автокормления, исключаящего потери корма, применение извести, обоснованное использование органических удобрений, применение минеральных удобрений только по методу биологической потребности, организация водообмена, если это возможно, – все это практически со 100 % вероятностью предотвратит избыток органического вещества, предупредит зарастаемость вашего водоёма и оградит вас от тяжелой, из года в год повторяющейся борьбы с ней.

Биологический способ борьбы с растительностью. Он предусматривает выращивание рыб или других животных, потребляющих ее. Из рыб в первую очередь это белый амур. Чем он будет крупнее, тем быстрее и надежнее он избавит вас от хлопот. При температуре воды 26–28 °С килограммовый амур в сутки может съесть 2 кг растений, среди которых предпочитает рдест, ряску, элодею, а также молодые побеги тростника. Сеголеток и годовиков

белого амура массой 25–30 г можно приобрести в специализированных рыбоводных хозяйствах. Эффективный способ борьбы с зарастаемостью, о чем будет рассказано в следующей главе, – совместное выращивание рыбы и уток или гусей. Гуси, кроме того, очистят от зарослей дамбы, избавив вас от их обкашивания. Содержание нутрий в количестве около 20 голов на 1 га позволит вам содержать в чистоте водоем даже при 60 % его зарастаемости. Домашние животные также могут помочь вам очистить пруд. Стадо коров в 50–70 голов за один день может съесть надводную часть растений на площади 3–5 га в зависимости от степени зарастаемости.

Механический способ борьбы. Предусматривает выкос растительности. Если водоем небольшой, это можно сделать вручную с помощью обычной косы. Скашивать растения желательно как можно глубже под водой. За сезон может потребоваться 3–4 укоса. Скошенную растительность вытаскивают на берег граблями. Если же площадь водоема велика, то применяют камышекосилки различной конструкции, которые можно взять напрокат в специализированных хозяйствах. До сих пор там применяют камышекосилки КТ-2 и КП-0,7 «Эзокс» – плавучие агрегаты с производительностью 0,7 га в час и выкосом 750 кг/час растительности на глубине до 0,6 м.

Борьбу с жесткой растительностью ведут также зимой. Когда грунт промерзает, бульдозер заезжает в пруд и ножом срезает камыш, тростник. Желательно при этом захватывать и слой почвы с корнями растений. Срезанные растения сдвигают на берег. Можно также сжигать заросли камыша, рогоза, тростника.

Вопросы для самоконтроля

1. Принципы работы механических аэраторов
2. Критические величины содержания аммониевых соединений в прудах рыбохозяйственного назначения.
3. Пути борьбы с зарастанием водоема.

ЛЕКЦИЯ 9

КЛАССИФИКАЦИИ САДКОВ

План лекции

1. Стационарные садки.
2. Плавающие садки.
3. Садки ПАРС.

Главным рыбоводным оборудованием в садковых хозяйствах являются садки. Если хозяйство полносистемное, то в садках содержат круглый год и производителей, и ремонтное поголовье, выращивают сеголеток, проводят зимовку, выращивают товарную рыбу. Если хозяйство товарное, то в садках выращивают только товарную рыбу из приобретенного на стороне посадочного материала. Все типы садков для выращивания рыбы разделяются на две большие группы: стационарные и плавающие.

Стационарные садки

Их применяют в водоемах с постоянным уровнем воды. В водоеме устанавливают свайную эстакаду с гнездами в центральной части, для размещения садков. В гнездах помещают садки. Они имеют жесткий каркас, выполненный из дерева, металла, и обтянутый капроновой делью. Садок может не иметь каркаса. В этом случае он представляет собой делевый мешок в форме параллелепипеда. Верхние углы мешка закрепляют на эстакаде над поверхностью воды. К нижним углам привязывают груз. Таким образом, садок сохраняет прямоугольную форму (рис. 6). Простейший стационарный садок может быть выполнен в виде делового мешка, растянутого на кольях, забитых в дно реки или пруда. Подход к нему осуществляется по мостику, проложенному с берега.

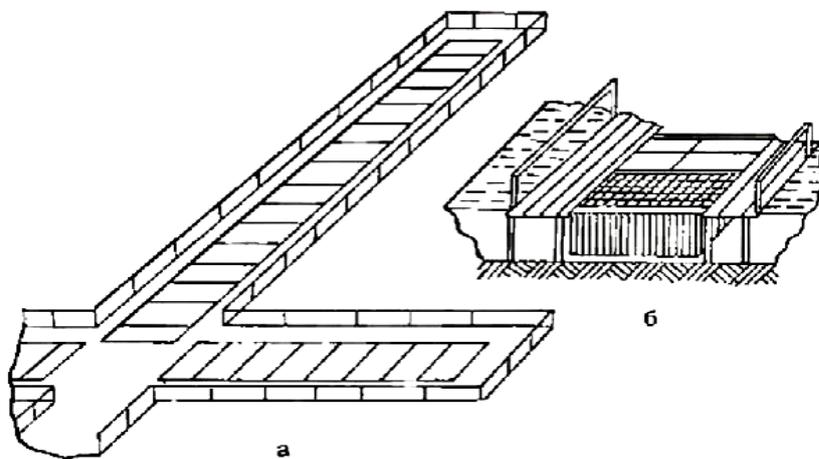


Рис. 6. Стационарный садок: а – общий вид, б – установка садка на сваях

Плавающие садки

Наиболее распространены в рыбоводных хозяйствах. Им не страшны колебания уровня воды. Они могут быть установлены практически в любых водоемах. Плавающие садки можно (рис. 7) в свою очередь разделить на три группы по типу конструкции. К первой относятся садки на понтонах. На понтоны укладывают деревянные или металлические настилы-дорожки, с которых обслуживают садки, которые чаще всего выполняют из дели. Понтонные садки плохо приспособлены для замерзающих водоемов, так как вмерзание в лед понтонов или сетчатых садков может привести к их деформации и разрушению.

Поэтому понтонные садки чаще всего устанавливают на теплых водах: сбросных каналах и водоемах-охладителях АЭС, ГРЭС и других водоемах. Промышленные садки изготавливают секциями из шести штук. Понтон, поддерживающий на плаву секцию, состоит из заваренных с торцов герметичных стальных труб большого диаметра, соединенных металлическими конструкциями. Вдоль труб проходят мостики – настилы (рис. 7).

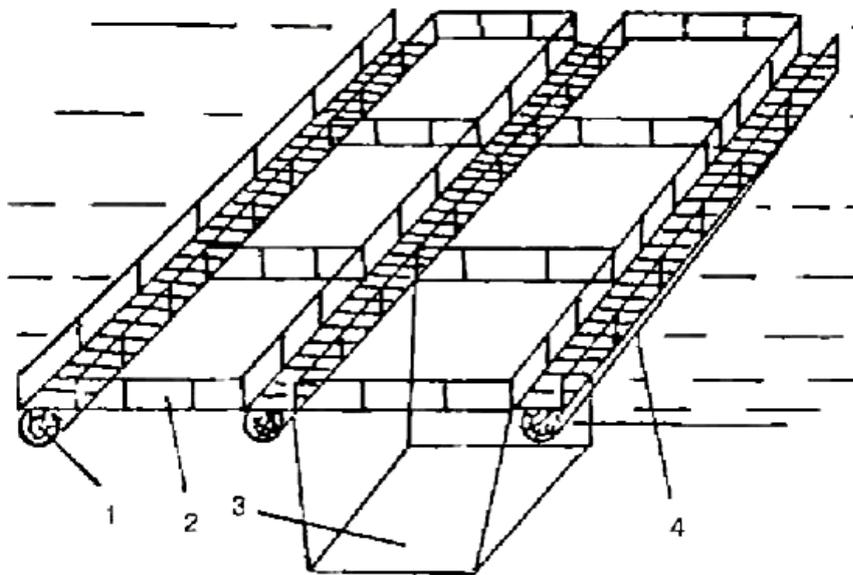


Рис. 7. Понтонные садки: 1 – стальные трубы, 2 – металлическая рама, 3 – садок, 4 – мостик

Размеры садков могут быть различными, чаще $4 \times 3 \times 3$ м. Размер ячеек от 5 до 20 мм в зависимости от массы выращиваемой рыбы. Расстояние между садками около 1 м. Понтонные садки обычно устанавливают в водоемах площадью от 50 до 1000 га в местах, где глубина не менее 4–5 м.

Расстояние от берега – от 5 до 20 м. Желательно, чтобы в месте установки садковых линий была небольшая проточность. Оптимальным считается скорость потока воды 0,5–1,0 м/с.

Ко второй группе относятся секционные садки, зарыбление и облов которых проводят или с берега, или на причале. Кормят рыбу с лодок. Садковые линии секционных садков представляют собой ряд из шести с каждой стороны соединенных металлических каркасов, обтянутых делью, между которыми проходит мостик для обслуживания. Плавуемость обеспечивается герметичными трубами диаметром 300–1000 мм.

К третьей группе относятся плавучие автономные разборные садки, сокращенно ПАРС (рис. 8). Они состоят из облегченного каркаса, выполненного из дерева, пластмассы или металла, и капроновой дели. Обслуживают их с лодок. Размер садков $6 \times 6 \times 3$ м. Устанавливают их в водоеме в отдельности на расстоянии 10–20 м друг от друга и 50–70 м от берега. Летом используют садки летнего типа, зимой – зимнего, погружаемые под лед. Зимние садки предназначены для зимовки посадочного материала, а также производителей и ремонта. В отличие от летних, зимние садки плотно закрывают сверху, так как весь садок помещают под воду на глубину, исключая его соприкосновение со льдом.

При зимовке закрытопузырных рыб, у которых плавательный пузырь заполняется секреторно за счет образования газа внутри организма, и у которых зимой отсутствует потребность в атмосферном воздухе, используют зимние садки без вентиляционных устройств. К таким рыбам относятся стерлядь, бестер, сибирский осетр, чудской сиг, пелядь, кари и некоторые другие. Такие виды как русский осетр, радужная форель и другие, испытывают зимой потребность в атмосферном воздухе. Поэтому в зимних садках для них делают специальные вентиляционные устройства – фонари. Их делают из дерева, пластмассы. Они могут иметь квадратное или круглое сечение. Фонари вмораживают в лед, и они выступают над поверхностью водоема. Сверху их закрывают крышкой.

При постоянном движении рыбы в садке вода в фонарях обычно не замерзает и при необходимости рыбы могут заглатывать воздух. По целевому назначению рыбоводные садки, так же как и пруды, разделяются на нагульные, выростные, мальковые, личиночные, нерестовые и зимние. Они различаются по размерам каркаса и ячеей дели. Так, для нагульных и выростных садков нормативная глубина 3 м. Для всех остальных – 1 м. Площадь личиночных садков 2×2 м, мальковых – 3×1 м, нерестовых – $1,5 \times 1,5$ м и зимних 3×3 м. Длина нагульных и выростных садков обычно от 2,5 до 6 м, ширина – от 3 до 6 м.

Размер ячеек для нагульных садков 5–20 мм, выростных – 3,6–4,0 мм, мальковых – 3,6 мм. Для личиночных садков используют капроновое сито № 7–17. Сетное полотно садков, где выращивают рыб, берущих корм в толще воды, со всех сторон делают одинаковым. Для рыб, берущих корм со дна (осетровые), дно садков делают из капронового сита № 7–17.

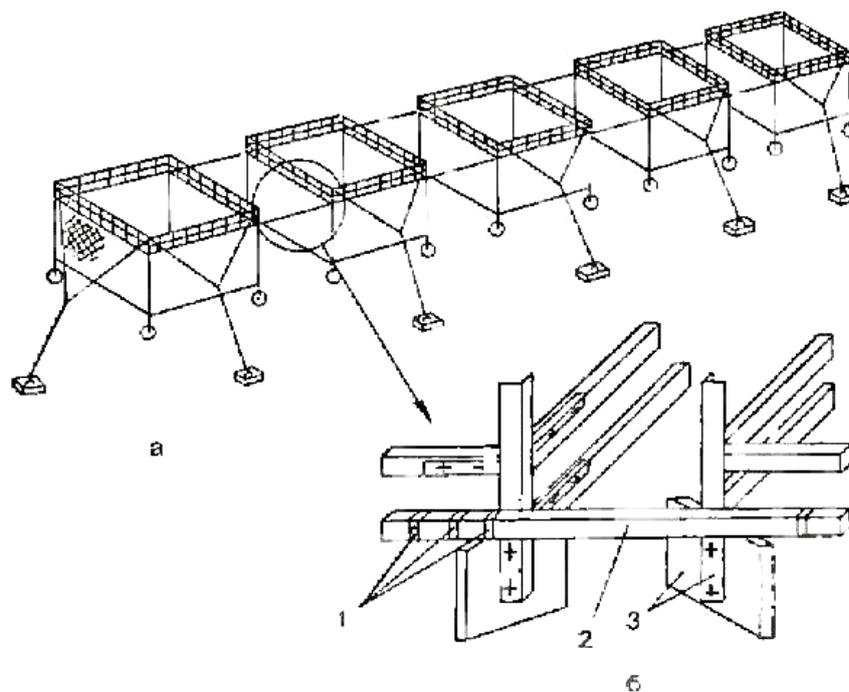


Рис. 8. Установка садков ПАРС в водоеме: а – общий вид, б – крепление рам садков между собой: 1 – хомут, 2 – скрепляющий садки брус, 3 – угол рамы садка

Вопросы для самоконтроля

1. Оборудование стационарных садков.
2. Обслуживание плавучих садков, используемый инвентарь.
3. Зимовальные садки, особенности конструкции.
4. Садки ПАРС, особенности конструкции в зависимости от назначения садка.

ЛЕКЦИЯ 10

ПРУДОВЫЕ ХОЗЯЙСТВА

План лекции

1. Типы рыбоводческих хозяйств.
2. Разновидности прудов в полносистемном рыбоводческом хозяйстве.
3. Выбор участка под пруды рыбоводческого хозяйства.

Прудовые хозяйства подразделяются на тепловодные (карповые) и холодноводные (форелевые). Они имеют одинаковое гидротехническое устройство, но различную степень проточности, глубины и размеры прудов.

Рыбопитомники – выращивается только рыбопосадочный материал – мальки, сеголетки, годовики. Рыбопитомники имеют нерестовые, мальковые, выростные, зимовальные, маточные и карантинные пруды.

Полносистемное хозяйство (рис. 9) – выращивание рыбы от икринки до товарного веса в двухлетнем возрасте. Это хозяйство имеет кроме вышечисленных прудов нагульные пруды для выращивания товарной рыбы.

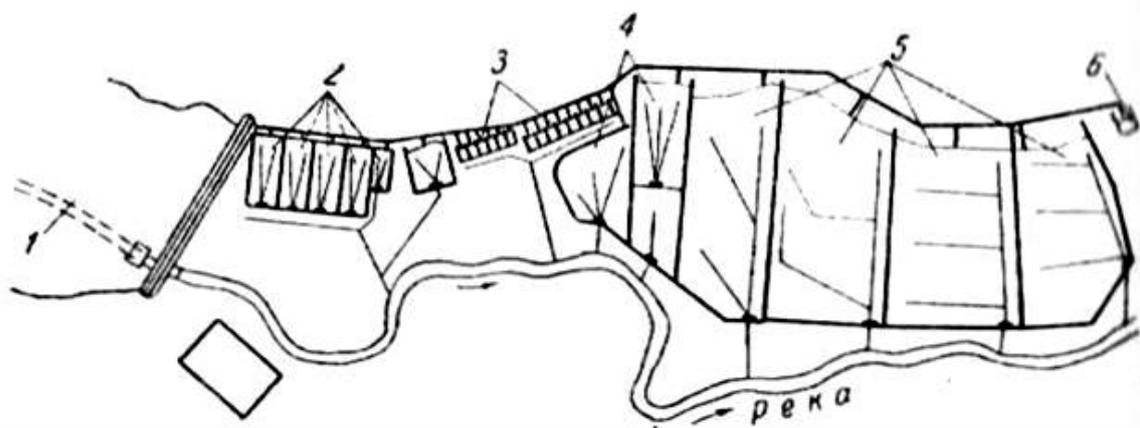


Рис. 9. Схема прудов рыбопитомного хозяйства, расположенного по одну пойму реки:
1 – головной пруд, 2 – зимовальные пруды, 3 – нерестовые пруды, 4 – маточные пруды,
5 – выростные пруды, 6 – карантинные пруды

Пруды могут располагаться как по одну сторону реки (рис.9), так и в русле реки (рис. 10). Обязательным условием расположения прудов является последовательность высоты расположения прудов относительно уровня моря (рис. 11).

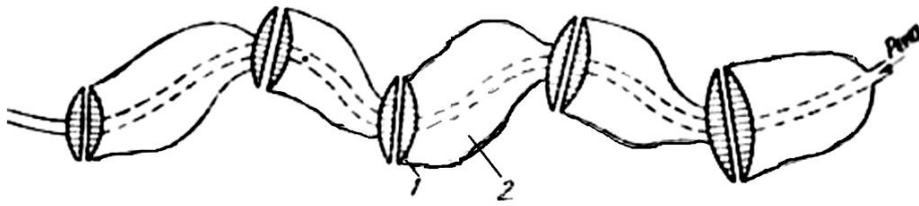


Рис. 10. Схема расположения прудов в русле реки

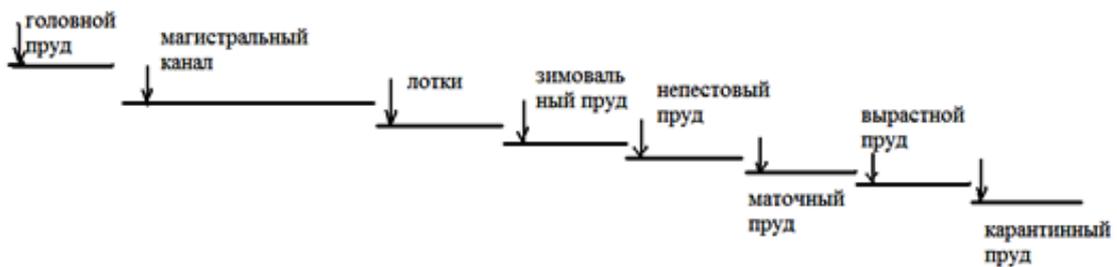


Рис. 11. Расположение прудов по уровню высоты воды над уровнем моря

Однолетнее нагульное хозяйство – выращивание товарной рыбы из посадочного материала, закупленного из питомника или полносистемного хозяйства.

Нерестовый пруд – водоем, где проходит нерест производителя и выход мальков из икры. Используются в мае–июне.

Требования к размещению – хорошо прогреваемое солнцем место, защищено от холодного ветра, вдали от проезжей дороги, вдали от пастбища скота, максимально близко к выростному или мальковому прудам. Площадь пруда 500–1000 м², глубина от 0,15 до 1,3 метра, дно должно быть с небольшим уклоном. Участок с глубиной 20–30 см должен занимать не менее 40–50 % общей площади пруда. Дно пруда должно быть покрыто мягкой растительностью, на которой рыба охотно мечет икру. Пруд устраивают методом обваловки.

Мальковый пруд – для выращивания мальков с последующей пересадкой в выростной пруд для выращивания сеголетка, подращивание личинок до стадии малька (маленькой сформировавшейся рыбки) массой 0,1–1,0 г. Период использования – 20–30 дней в мае – июне.

Требования к размещению – аналогичные как и к нерестовому, равномерная глубина 50–60 см, максимальная глубина 1,5 м.

Выростной пруд – для выращивания сеголетка. В них выращивают сеголеток, т.е. рыб сего лета, до нормативной массы 25–30 г в период с мая по октябрь.

Требования к размещению – ближе к зимовалам, оптимальная площадь – 3–4 га, глубина 0,25–1,5 м, 80 % площади пруда с глубиной 0,5–1 метр. Можно располагать почти на всех грунтах, кроме торфянистых и песчаных мест, которые малопродуктивны, песчаные имеют большие потери воды за счет фильтрации. Наполняют пруды в июне-июле в течение 15 суток, спускают в октябре в течение 10 суток.

Нагульный пруд – для выращивания двухлетней рыбы из годовиков, посаженных в пруд весной. Зарыбляют их годовиками (перезимовавшими сеголетками) весной, чаще всего в апреле. Товарную рыбу вылавливают в сентябре-ноябре.

Требования к размещению – площадь от одного га до нескольких сотен, глубина от 0,5 до 3 метров, 80 % площади от 0,5 до 1 метра.

Нагульные пруды могут быть русловыми и обвалованными – в пойме реки путем обвалования дамбами. Выбор зависит от экономической целесообразности. Питание пруда может быть речным, ключевым и за счет атмосферных осадков. Наполняют пруды в апреле за счет весеннего паводка.

Зимовальные пруды – сохранение посадочного материала производителей и сеголетка в зимний период. Время использования в средней полосе России – с октября по апрель.

Требования к расположению – ближе к источнику водоснабжения и выростным прудам, чтобы путь транспортировки сеголетков был минимален.

Зимовалы – проточные, вода при недостатке кислорода аэрируется.

Для хорошей смены воды размеры длины и ширины зимовалов должны быть в соотношении 2:1–1,5:1, вытянутые по направлению тока воды. Глубина зимовалов выбирается так, чтобы незамерзающая часть пруда по глубине была не менее 1 метра (1,5–2,5 м).

Заболоченные и заторфованные участки земли не пригодны для организации зимовалов.

Полная смена воды в зимовалах должна проходить за 6–20 суток. Вода проточная.

Маточные пруды – в них содержат маточное и ремонтное поголовье. Производители – это половозрелые особи, а ремонт – рыбы, отобранные по ряду показателей в качестве будущих производителей, но еще не достигшие половой зрелости. Время использования этой категории прудов с апреля по октябрь.

Карантинные пруды – используются для содержания завезенной из других хозяйств рыбы.

Изоляторные пруды – служат для содержания больных рыб. Могут использоваться круглогодично.

Достоинства – независимое водоснабжение всех прудов, возможность, при необходимости, исключить тот или иной пруд из системы водоснабжения.

Паводки пропускаются только через головной пруд.

Недостатки – пруды имеют зависимое водоснабжение и сброс, поэтому нельзя их пополнять и спускать независимо друг от друга.

Для пропуска паводковых вод на каждой плотине должно стоять специальное оборудование.

Выбор участка для прудового хозяйства

1. Желательно, чтобы участок представлял широкую пологую пойму реки.

2. Грунт и почва должны быть пригодны для устройства прудов. Ложе пруда должно быть водонепроницаемо (суглинок, глина).

3. Наличие дешевого строительного материала.

4. Наличие достаточного количества воды, пригодной для нужд рыбоводного хозяйства.

5. Створ головной пруда должен быть в наиболее суженном месте долины.

В тех случаях, когда воды в источнике водоснабжения (реке, ручье) мало, в определенные периоды года (зимой вымерзает, летом увеличивается испарение и фильтрация) головной пруд играет роль водохранилища с определенным запасом воды. Этот запас воды должен располагаться над нормальным подпертым горизонтом, чтобы обеспечивать самотечную подачу воды.

В таб. 1 приведены рекомендуемые геометрические параметры прудов для средней полосы России.

Таблица 9

Ориентировочные геометрические параметры прудов в рыбоводном хозяйстве

Категория прудов	Минимальный размер в м		
	глубина	ширина по дну	Откосы
Головной	0,5–1,0	0,5–1,0	–
Нерестовый	0,4	0,3	1:1–1:1,5
Мальковый	0,4	0,4	1:1–1:1,5
Вырастной	0,5–0,6	0,4–0,6	1:1–1:1,5
Маточный	0,4	0,4	1:1
Зимовальный	0,3–0,4	0,3–0,4	1:1
Нагульный	0,5–1,0	0,5–1,0	1:1,5

Вопросы для самоконтроля

1. Особенности расположение карантинных прудов.
2. Последовательность расположения прудов на местности.
3. Перечень условий, необходимых при выборе места под новые пруды.

ЛЕКЦИЯ 11

УСТАНОВКИ С ЗАМКНУТЫМ ЦИКЛОМ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ (УЗВ)

План лекции

1. Преимущества, используемые при создании УЗВ.
2. План расположения аппаратов в УЗВ.
3. Механическая очистка воды в УЗВ.

Одной из наиболее перспективных форм индустриального рыбоводства является культивирование гидробионтов в установках с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ). Данная технология обеспечивает:

- создание оптимальных условий для быстрого роста, созревания производителей и формирования маточных стад культивируемых видов;
- полный контроль и управление производством;
- независимость производственного процесса от условий внешней среды;
- экономию воды, земли, энергии;
- возможность полной механизации и автоматизации производства;
- высокую концентрацию производства;
- экологическую чистоту получаемой продукции и производственного процесса.

Для получения 1 кг товарной продукции в современных системах замкнутого цикла водообеспечения достаточно 50–100 л воды, 0,01 м² земли и 5–10 кВт/ч электроэнергии, при этом рыбопродуктивность может достигать 800–1000 т/га. Концентрация отходов на небольшой площади создает условия для успешной их переработки и организации вторичных производств (тепличные хозяйства, выпуск органических удобрений, вермикультура и др.).

Выращивание рыбы в УЗВ происходит при многократном использовании одного и того же объема воды, подвергаемого очистке и вновь возвращаемого в рыбоводные емкости. Поэтому эффективная работа блоков очистки является важнейшим условием нормального функционирования установки. Система регенерации воды УЗВ должна обеспечивать эффективное удаление из оборотной воды взвешенных веществ и растворенных метаболитов рыб, поддержание оптимального температурного, газового и солевого режимов.

Большинство применяемых методов очистки воды можно разделить на 4 группы: физические (осаждение, фильтрация, флотация), химические (окисление и коагуляция органических загрязнений), физико-химические (адсорбция и ионообмен) и биологические. В составе УЗВ они могут использоваться как каждый в отдельности, так и в комплексе. В современных установках наиболее широко используются физическая (механическая) и биологическая очистка воды.

Система регенерации воды в замкнутых установках, как правило, состоит из нескольких элементов: узел механической очистки воды, в котором удаляется основная часть твердых отходов; узел биологической очистки, в котором происходит изъятие растворенных загрязнений; блок окончательной очистки, в котором вода доводится до требуемых кондиций (терморегуляция, оксигенация, обеззараживание, рН-регулировка и т.д.).

Механическая очистка воды

Кроме постоянно выделяемых продуктов метаболизма (аммиака и растворенных органических соединений) при кормлении рыб в воду попадают остатки несъеденного корма и экскременты. Они частично растворяются в воде, частично образуют взвешенные вещества, но основная их часть оседает на дно и, если вовремя не будет удалена, то, постепенно разлагаясь, также загрязняет воду.

Для удаления взвешенных веществ из оборотной воды используют осаждение и фильтрацию. Осаждение взвешенных веществ происходит в отстойниках различного типа: вертикальных, горизонтальных, радиальных и тонкослойных, снабженных устройствами для сбора осадка. Основным их недостаток – большие объемы и низкий эффект очистки (как правило, не более 35–40 %). Принцип осаждения используют также в случае применения центрифуг или гидроциклонов. Их применение в составе рыбоводных систем показало, что они способны не только осветлять воду, но и удалять некоторое количество азотных соединений. Однако эти сооружения весьма дорогостоящи и энергоемки, ввиду чего они не нашли широкого применения в рыбоводстве.

Наибольшее распространение в качестве устройств механической очистки воды УЗВ получили фильтры различных конструкций. Первоначально использовали гравийные, песчано-гравийные и быстрые песчаные фильтры. Однако им были свойственны серьезные недостатки: низкая удельная производительность, трудность промывки и значительный расход промывочной воды. В настоящее время наиболее распространены барабанные самопромывающиеся и плавающие фильтры.

Типичным примером барабанных фильтров является фильтр НСФ-50 производительностью по очищенной воде $50 \text{ м}^3/\text{ч}$. Загрязненная вода по входному патрубку подается в камеру, проходит через фильтрующий элемент в камеру фильтрата и выводится через патрубок. Осадок удаляется обратным током отфильтрованной воды, поступающей под остаточным напором в промывной короб, который под действием электропривода перемещается по периметру цилиндрического фильтрующего элемента. Осадок из фильтра отводится через короб, полый вал и патрубок.

Преимуществами фильтров подобной конструкции являются высокая компактность и непрерывность действия, недостатками – сложность устройства, наличие дополнительного электропривода.

Минимальный размер отфильтровываемых частиц составляет, как правило, 150–200 мкм, эффект очистки достигает 85–90 %.

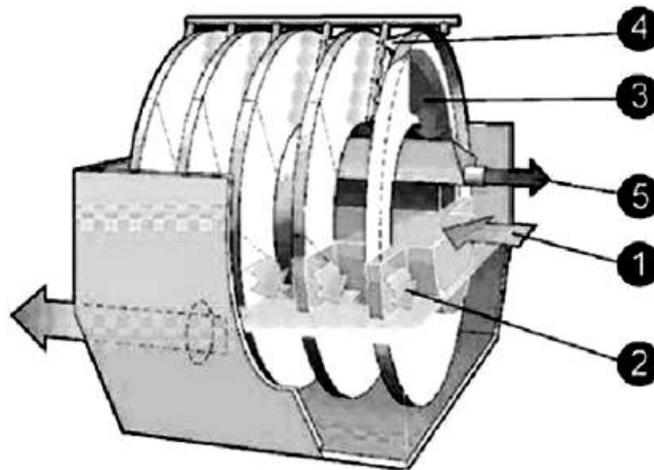


Рис. 12. Схема работы барабанного механического фильтра

На рисунке 12 приведена схема работы барабанного фильтра.

1. Фильтруемая вода поступает внутрь барабана.

2. Вода фильтруется при проходе через фильтрующие элементы барабана. Движущая сила для воды создается за счет разницы между уровнями воды внутри и снаружи барабана.

3. Твердые частицы улавливаются фильтровальными элементами и вращением барабана поднимаются в зону противоточной промывки. В зависимости от выбранного режима работы барабан вращается прерывисто или постоянно.

4. Через промывочную форсунку вода подается на наружную поверхность фильтровальных элементов. Отфильтрованный материал вымывается из фильтровального элемента в поддон для осадка.

5. Осадок вместе с водой самотеком подается из фильтра

Вопросы для самоконтроля

1. Преимущества УЗВ.
2. Механические методы очистки воды в УЗВ.
3. Процессы, протекающие в механическом фильтре.

ЛЕКЦИЯ 12

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ В УЗВ

План лекции

1. Биологическая очистка.
2. Химические процессы, протекающие в биофильтре.
3. Конструкция биофильтров.

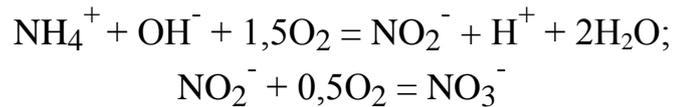
Биологическая очистка

Она является наиболее распространенным способом очистки воды в замкнутых системах и заключается в утилизации растворенных загрязнений с помощью микроорганизмов посредством процессов минерализации, нитрификации и денитрификации.

Конечным продуктом белкового обмена у рыб является аммиак. Он составляет около 60–80 % всех азотистых (органических) соединений, постоянно выделяемых рыбой через жабры и почки в воду. Именно аммиак является основным токсическим веществом, против которого направлено действие системы биологической очистки.

Процесс очистки осуществляется микроорганизмами, закрепленными на поверхности загрузки, а также взвешенной микробной массой (активный ил). Основные группы микроорганизмов, обитающие в устройствах биологической очистки, – это автотрофные и гетеротрофные виды бактерий.

Гетеротрофы окисляют органические азотсодержащие компоненты выделений рыб и остатков корма, превращая их в простые неорганические соединения, главные из которых – вода, углекислый газ (диоксид углерода) и аммиак. Поэтому этот первый этап биологической очистки получил название «аммонификация» (минерализация). После того как органические соединения переведены гетеротрофными бактериями в неорганические, биологическая очистка вступает в следующую стадию, получившую название «нитрификация». Под этим процессом понимают биологическое окисление аммония до нитритов (NO_2) и дальнейшее их окисление до нитратов (NO_3). Нитрификация осуществляется автотрофными бактериями, которые в отличие от гетеротрофов не нуждаются в готовых органических соединениях. Нитрифицирующие бактерии в устройствах биологической очистки представлены в основном родами *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. Источником энергии для *Nitrosomonas* является процесс окисления аммиака до нитритов, а *Nitrobacter* получает энергию из реакции дальнейшего окисления нитритов до нитратов:



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

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

В работе сооружений биологической очистки ответственным является пусковой период. В это время происходят формирование микрофлоры, поэтапная смена качественного и количественного состава биоценоза активного ила. Этот период длится 20–25 сут.

Запуск и вывод в рабочий режим аппаратов биологической очистки воды в рыбоводных установках с замкнутым циклом водоснабжения являются одним из самых важных и ответственных периодов их эксплуатации. В это время в аэротенках и биофильтрах происходит ряд микробиологических и физико-химических процессов, от протекания которых в дальнейшем будет зависеть вся работа биологической очистки и всей рыбоводной установки в целом.

При запуске аэротенка в работу начинается минерализация белковых веществ с образованием CO_2 и NH_3 . Процессы аммонификации и соответствующее накопление аммония становятся максимальными на 6–7-й день, достигнув концентрации 2–2,5 мг/л. Затем содержание аммония резко снижается и в дальнейшем обнаруживаются только его следы. Начинается первая фаза нитрификации – накопление ядовитых для рыб нитритов (благодаря окислению аммиака в соли азотистой кислоты бактериями рода *Nitrosomonas*). Максимальная концентрация нитритов отмечается на 8–9-й день и составляет около 3 мг/л.

По мере накопления нитритов они начинают угнетать бактерии *Nitrosomonas*, а одновременно с этим процессом развиваются бактерии другого рода – *Nitrobacter*, которые окисляют соли азотистой кислоты до солей азотной кислоты. Затем следует вторая фаза нитрификации. Содержание нитратов достигает максимума на 18–19-й день, составляя 7,0–7,5 мг/л, и остается приблизительно на этом же уровне, так как в систему добавляют свежую воду. Чтобы избежать массовой гибели рыбы в пусковой период, воду, прошедшую механическую очистку от взвешенных веществ, делят на два потока.

Первый (70 % общего расхода воды в системе) поток смешивается со свежей подпиточной водой, направляясь в бассейн с рыбой, а второй (30 % общего расхода воды) – направляется на биологическую очистку в аэротенк-отстойник, а затем смешивается с первым потоком. Постепенно поток, направляющийся в аэротенк-отстойник, увеличивается за счет постепенного уменьшения первого потока. Происходит постепенное увеличение нагрузки на биопленку аэротенка. В итоге вся вода, прежде чем попасть в оксигенатор и бассейны с рыбой, направляется на биологическую очистку в аэротенк.

Таким образом, благодаря постепенному вводу аэротенка-отстойника в рабочий режим и разбавлению выходящей из него воды чистой (подпиточной) и неочищенной (не прошедшей нитрификацию и содержащей малые концентрации нитритов и аммония) водой удается снизить концентрацию вредных для рыб веществ в общем потоке воды, которая поступает в рыбоводные бассейны, и избежать массовой гибели рыбы в пусковой период аэротенка-отстойника.

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

Биофильтры представляют собой емкости, заполненные загрузкой различного типа, на поверхности которой развивается бактериальная пленка, осуществляющая очистку воды. Важнейшей характеристикой биофильтра, определяющей его производительность, является удельная площадь поверхности загрузки. В ранних конструкциях применяли объемную загрузку (гравий, керамзит, раковины моллюсков и т.д.), имевшую удельную площадь поверхности (УПП) 20–100 м²/м³. Позднее стали использовать пленочную и кассетную загрузки (биофильтры ЛИСИ) с УПП 100–150 м²/м³.

В настоящее время широко применяют различные виды специальной пластиковой загрузки (сотовая, мелкозернистая, «биошары» с развитой площадью поверхности), имеющие УПП 350–1750 м²/м³, и, наконец, используют биофильтры с регенерируемой песчаной загрузкой (УПП – 3000–4000 м²/м³). Повышение удельной производительности устройств биологической очистки привело к резкому сокращению объема блоков очистки УЗВ. Если у первых УЗВ соотношение объемов рыбоводных емкостей и аппаратов водоподготовки составляло 1 : (5–10), то для современных систем этот показатель равен 1 : (0,5–1).

Существующие типы биофильтров можно условно разделить на 3 группы: погружные, орошаемые, вращающиеся (рис. 13).



Рис. 13. Дисковый фильтр HSF2106 на ферме Lickey Bridge

Вопросы для самоконтроля

1. Разновидности биофильтров, применяемых в УЗВ.
2. Типы загрузочных материалов, используемых в биофильтрах.
3. Аппараты, используемые в УЗВ, для насыщения воды кислородом

ЛЕКЦИЯ 13

КАЧЕСТВО ВОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РЫБЫ В УЗВ

План лекции

1. Гидрохимические показатели воды в УЗВ.
2. Экономические показатели при выращивании рыбы в УЗВ.

Оно определяется качеством исходной воды, технологией выращивания рыбы и эффективностью работы блока очистки. При выращивании рыбы протекают естественные процессы накопления продуктов биологической очистки, которые в известных пределах не оказывают негативного влияния на рост и развитие выращиваемых объектов. Эти пределы определяют технологическую норму качества воды.

На некоторых этапах работы биофильтра, а также при нарушении технологии выращивания рыбы и перегрузках системы очистки возможно резкое ухудшение качества воды. В подобном случае во избежание гибели рыбы требуется немедленное применение способов регулирования качества воды.

Основные показатели, определяющие качество воды в УЗВ и их нормы, представлены в табл. 10.

При выращивании рыбы в УЗВ необходим постоянный контроль за такими параметрами, как концентрация кислорода, рН, содержание в оборотной воде аммония и нитритов.

Таблица 10

Основные параметры качества воды, используемой в рыбоводных установка замкнутого водоснабжения

Показатели	ОСТ для поступающей воды	Технологические нормы	Кратковременно допустимые значения
Взвешенные вещества, мг/л	До 10	До 30	–
рН	7,0–8,0	6,8–7,2	6,5–8,5
Нитриты, мг/л	До 0,02	До 0,1–0,2	До 1
Нитраты, мг/л	2–3	До 60	100
Аммонийный азот, мг/л	1,0	2–4	До 10
Аммиак свободный, мг/л	До 0,05	До 0,05	До 0,1
Окисляемость бихроматная, мг О/л	До 30	20–60	70–100
Окисляемость перманганатная, мг О/л	До 10	10–15	До 40
Кислород на выходе из рыбоводных бассейнов, мг О ₂ /л	–	5–12	2–3

Значения рН следует поддерживать в оптимальном интервале, так как при рН менее 6,5 снижается эффективность процессов нитрификации и денитрификации. Хотя рыба выдерживает колебания рН от 6,0 до 9,5 без видимого угнетения, при низких рН усиливается отрицательное воздействие нитритов, а при высоких рН возрастает процент токсичного для рыб свободного аммиака. Для увеличения или уменьшения рН используют 2–10 %-ные растворы кислоты (чаще соляной) и щелочей (NaOH, KOH), при этом изменения величины рН должны быть не более 0,5 ед. в сутки.

Не менее важен контроль за содержанием в оборотной воде азотных соединений – аммонийного азота, свободного аммиака, нитритов и нитратов. В водной среде ионы аммония и аммиака находятся в подвижном равновесии, зависящем от рН и температуры среды. Ионы аммония в концентрациях до 10 мг/л не оказывают заметного влияния на рыбу. Токсичным является свободный аммиак. Желательно, чтобы его концентрация не превышала 0,05 мг/л. Регулируя величину рН, можно уменьшать содержание свободного аммиака и тем самым избегать токсикозов.

Нитриты являются промежуточным продуктом неполного окисления аммиака. Обычно повышенное их содержание наблюдается на стадии зарядки биофильтра, а также при перегрузках. Рыбы иногда выдерживают концентрацию нитритов до 1–2 мг/л, но непродолжительное время, при этом темп роста рыбы резко снижается. При низких значениях рН действие нитритов усиливается. Снизить их токсическое действие можно внесением в систему поваренной соли в сочетании с хлоридом кальция в количестве 0,5–0,8 г/м³ на каждые 0,1 г/м³ нитритного азота.

Нитраты – конечный продукт биологической очистки, могут накапливаться в оборотной воде при отсутствии блока денитрификации. Заметного отрицательного влияния на рыб они не оказывают, но при высокой концентрации (более 170 мг/л) могут быть причиной нежелательного уменьшения рН, вследствие чего будут тормозиться процессы нитрификации. Уменьшить количество нитратов можно путем увеличения подпитки системы свежей водой.

Для успешного выращивания рыбы в установках с замкнутым циклом водообеспечения необходимо использовать высококачественные полноценные корма, содержащие в нужных пропорциях все необходимые питательные вещества, обеспечивающие потребности рыбы. Помимо полноценного состава комбикорма должны иметь повышенную усвояемость, обеспечивать минимальное поступление в систему загрязнений в виде остатков корма и экскрементов.

Существует несколько основных путей использования установок с замкнутым циклом водообеспечения в общей системе аквакультуры:

1. Круглогодичное производство товарной продукции карпа, форели, тилапии, осетровых, угря и других объектов аквакультуры. При этом возможно полностью автономное производство икры, посадочного материала всех кондиций и маточного поголовья рыб.

2. Получение качественного посадочного материала (от производителей, эксплуатируемых в условиях УЗВ, или из привозимой икры и личинок) для последующего зарыбления открытых водоемов и выращивания в них рыбы по традиционным технологиям.

3. Выращивание новых видов, которые не могут существовать в естественных условиях данного региона, а также создание коллекционных маточных стад редких и исчезающих видов рыб.

В настоящее время экономически целесообразно выращивание в УЗВ либо посадочного материала, либо товарной продукции рыб ценных видов (форель, осетровые, тилапия, угорь, канальный и клариевый сомы и т.д.). Данная технология обеспечивает ускорение роста рыб в 2–3 раза по сравнению с рыбоводством в открытых системах, при этом резко сокращаются сроки получения товарной продукции. Так, карп при выращивании в УЗВ достигает товарной массы за полгода, тилапия – за 4–5 мес., осетровые, форель, угорь (табл. 11) и канальный сом – за 1 год. Рыбопродуктивность может достигать 70–120 кг/м³ при величине затрат корма 1–3 кг/кг прироста рыбы и высокой выживаемости рыбы.

Таблица 11

Параметры среды, расход кормов и выход рыбной продукции
для различных видов рыб

Показатели	Карп	Стерлядь	Осетр	Форель	Сом проточный
Созревание, лет	1,5–2	2,5–3	4–5	1,5	1,5–2
Выращивание посадочного материала массой до 1 г					
Температура, °С	24–26	20–24	22–24	14–18	25–26
Выход, %					
Выход, кг/м ³	70	70	70	70–80	70
Время, сут.	25–30	10–25	15–25	8–12	10–20
Затраты корма, кг/кг прироста рыбы	30	25	20–25	40	35
	0,6–1,0	0,8–1,2	0,8–1,0	0,8–1,0	1,5

Показатели	Карп	Стерлядь	Осетр	Форель	Сом проточный
Выращивание посадочного материала массой до 50 г					
Выход, %	90	80	80	70–80	80
Выход, кг/м ³	50–70	35–60	35–60	30–40	25–40
Время, сут.	60	60	40	100	80
Затраты корма, кг/кг прироста рыбы	1,5–2,0	1,5–2,5	1,5–2,0	1–1,5	2–3
Выращивание до товарной массы					
Выход, %	95	85	85	75	90
Выход, кг/м ³	100–120	70–100	80–100	80–100	100–120
Время, сут.	90–120	180–200	180–200	140–160	140–160
Затраты корма, кг/кг прироста рыбы	1,5–2,0	1,5–3,0	1,5–3,0	1,5–2,0	2,5–3,0

Перспективным направлением использования установок с замкнутым циклом водообеспечения являются комбинированные технологии, предусматривающие выращивание в УЗВ качественного посадочного материала различных видов рыб, используемого для дальнейшего выращивания по традиционным технологиям (пруды, садки). При этом один типовой модуль УЗВ-10 обеспечивает получение до 10 т посадочного материала (карп), чего достаточно для зарыбления 250–300 га прудов и получения не менее 400 т товарной продукции. Применительно к УЗВ разработаны технологии выращивания жизнестойкой молоди карпа, форели, осетровых, растительноядных рыб, черного амура, веслоноса.

При выращивании рыбы в установках с замкнутым циклом водообеспечения возможно применение полициклической технологии, основанной на многократном получении в течение года посадочного материала и товарной продукции. Полициклическая технология исключает пиковые нагрузки на УЗВ по количеству поступающих загрязнений (наблюдаемые в режиме однократного съема продукции). Благодаря постепенному съему продукции и одновременной новой посадке на выращивание более мелкой группы рыб обеспечивается равномерная нагрузка на биологические фильтры. Такой режим способствует более стабильной работе блока биологической очистки по удалению загрязнений, снижению органической нагрузки на биофильтры. При этом появляется возможность использовать меньшую мощность и соответственно меньший объем блоков очистки.

Количество циклов в год при выращивании осетровых может достигать 2, карпа – 6, тиляпии, африканского и клариевого сомов – 8–12.

Вопросы для самоконтроля

1. Причины, приводящие к повышению содержания нитритов в воде.
2. Оптимальные условия содержания форели в УЗВ?
3. Сроки выращивания товарной рыбы в УЗВ при оптимальных условиях эксплуатации бассейнов?
4. Полициклическая технология при выращивании рыбы в УЗВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бруасова М.А. Новые типы рыбоводных хозяйств / М.А. Бруасова, Р.И. Вишнякова. – М.: Россельхоз. – 1982. – 165 с.
2. Власов В.А. Разведение пресноводных рыб и раков / В.А. Власов, С.Б. Мустаев. – М.: АСТ. – 2004. – 256 с.
3. Выращивание форели в садках. Методические рекомендации / Петрозаводск, Изд. Петрозаводского ун-та. – 2000. – 57 с.
4. Привезенцев Ю.А. Прудовое рыбоводство / Ю.А. Привезенцев, И.М. Анисимова, Е.А. Тарасова. – М.: Колос. – 1980. – 199 с.
5. Сабодаш В.М. Разведение рыбы / В.М. Сабодаш. – М.: АСТ. – 2006. – 140 с.
6. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Глухие плотины / Р.Р. Чугаев. – М.: Высш. шк. – 1975. – 328 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лекция 1. Сооружение головного водозабора	4
Лекция 2. Геологические изыскания при проектировании рыбоводного хозяйства	7
Лекция 3. Категории прудов и типы рыбоводных хозяйств	12
Лекция 4. Водопропускные сооружения	20
Лекция 5. Сооружение плотины	26
Лекция 6. Поступление кислорода в воду	30
Лекция 7. Сооружение и эксплуатация пруда	37
Лекция 8. Аэрация воды	41
Лекция 9. Классификации садков	47
Лекция 10. Прудовые хозяйства	51
Лекция 11. Установки с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ)	56
Лекция 12. Биологическая очистка воды в УЗВ	60
Лекция 13. Качество водной среды при выращивании рыбы в УЗВ	64
Литература	68

Учебное издание

Чугунов Юрий Викторович

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ГИДРОТЕХНИКА

Учебное пособие

Кафедра водные биоресурсы и аквакультура

Редактор издательского отдела *С.Н. Касимова*
Компьютерная верстка *Т.И. Лунченкова*

Подписано в печать 19.12.14.

Формат 60×84/16. Бумага «Business». Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 4,12. Уч.-изд. л. 4,58. Тираж 500 экз. Заказ № 4859

Редакционно-издательский отдел КГЭУ,
420066, Казань, Красносельская, 51