

## ЛЕКЦИЯ 9. ИСКУССТВЕННЫЕ ВОДОЕМЫ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

1. Проектирование гидроузла
2. Выбор створа плотины
3. Определение объема пруда
4. Выбор типа и конструкции гидроузла водоема
5. Определение объема плотины
6. Проектирование водорегулирующих сооружений
7. Пруды для рыборазведения

### 1. Проектирование гидроузла

*Водоем* – поверхностный водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием. К естественным водоемам на поверхности суши относят озера, а к искусственным – водохранилища, пруды, пруды-копани, копани.

Искусственные водоемы создаются для увеличения обводненности территории с целью недопущения недостатка воды для различных хозяйственных потребителей (питьевое водоснабжение, животноводство, рыбное хозяйство и пр.).

*Пруд* – это водоем с площадью затопления не более 1 км<sup>2</sup> ( 100 га) и объемом воды до 1 млн. м<sup>3</sup>. Водоохранилища – если площадь затопления больше 1 км<sup>2</sup> и объем более 1 млн. м<sup>3</sup>.

Для регулирования стока строят целый комплекс гидротехнических сооружений, объединенных по расположению и в целях их работы, т.е. *гидроузел*. В состав гидроузла пруда входят: плотина (1), водосброс (3), водоспуск (2), водозабор и др. (рис. 9.1).

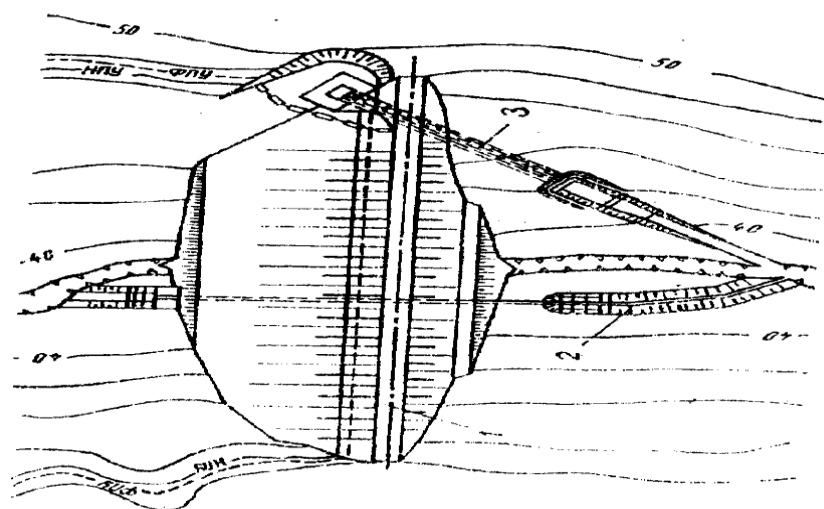


Рис. 9.1. Гидроузел с грунтовой плотиной  
1 – плотина; 2 – донный водоспуск; 3 – ковшовый водосброс

## **2. Выбор створа плотины**

Место под строительство пруда (водохранилища) выбирается на основании топографических и гидрологических материалов, вида водопотребителей и потребного количества воды для сельскохозяйственных нужд. Необходимо иметь план балки, реки и окружающей территории в масштабе 1:5000...1:10000 с сечением рельефа 0,25...1,0 м. На плане производится выбор места пруда и створа водозадерживающего сооружения (плотины). При этом нужно иметь сведения о гидрогеологическом строении дна балки и русла реки.

При выборе места расположения пруда должны выдерживаться следующие основные требования:

балка или русло небольшой реки, где намечают строительство, должны иметь достаточную глубину - по санитарным условиям не менее 5 м, а лучше 10...12 м. Мелкое водохранилище прогревается солнечными лучами и быстро зарастает болотной растительностью;

берега балки или реки должны быть по возможности крутыми, чтобы накопившаяся вода не затапливала прилегающие земли. Уклон балки не должен выходить за пределы 0,005...0,01. Малые уклоны не создают необходимой глубины без высокой плотины, что может

привести к подтоплению земель. Во избежание загрязнения пруд строят, как правило, выше населенного пункта;

дно и откосы балки должны быть сложены маловодопроницаемыми грунтами. Нельзя строить водохранилища на песках и трещиноватых породах (мел, известь, мергель) без близкого и мощного водоупора

Балка или русло реки в целях создания большего объема пруда или водохранилища должны быть широкими, а место, где будет плотина, узким и глубоким, чтобы на 1 м<sup>3</sup>земляных работ получить большой объем задержанной воды. Считается экономически эффективным, когда на 1 м<sup>3</sup>земляных работ по устройству плотины приходится 15...20 м<sup>3</sup>воды. Объем водохранилища увеличивается, если балка имеет разветвления.

В створе плотины не должно быть действующих ключей и родников, так как они могут привести к разрушению ее тела, однако те же ключи и родники в ложе водохранилища (вдоль уреза воды) полезны, так как обеспечивают приток свежей воды. Для лучшего действия ключей и родников места их выклинивания не должны затапливаться большим слоем воды.

## **3. Определение объема пруда**

Полный объем пруда состоит из рабочего и мертвого объемов. Рабочий объем пруда, в свою очередь, складывается из полезного объема и объема воды, теряемой на испарение и фильтрацию.

Наивысший уровень воды, до которого может регулярно наполняться пруд и который можно поддерживать длительное время в нормальных условиях эксплуатации пруда, называют нормальным подпорным (НПУ). При отметке НПУ в пруду размещается его полный объем.

Максимальный расчетный уровень воды, который наблюдается в пруду

в течение короткого времени, обычно в период пропуска паводка, называют форсированным подпорным (ФПУ). Объем воды, заключенный в пруду между ФПУ и НПУ, представляет сливную призму. Высота этой призмы для пруда обычно составляет 0,8...1,5 м.

В целях предупреждения заиления полезного объема и для перезимовки рыбы в пруду оставляют мертвый объем воды, который не используют для хозяйственных нужд. Его уровень называют уровнем мертвого объема (УМО).

Общая глубина мертвого объема должна быть не менее 2 м. Объем чаши водоема определяют по плану балки (рис. 9.2). Планиметром измеряют площадь, ограниченную горизонталями. Нижняя отметка чаши пруда имеет самый малый объем, который определяется по формуле

$$W = h \cdot F_1/3, \quad (9.1)$$

где  $F_1$  – площадь, ограниченная нижней горизонталью;

$h$  – расстояние между горизонталями по вертикали, м.

Для вышерасположенных слоев водоема объем ( $W_n$ ) определяется как

$$W_n = (F_{n-1} + F_n) h/2. \quad (9.2)$$

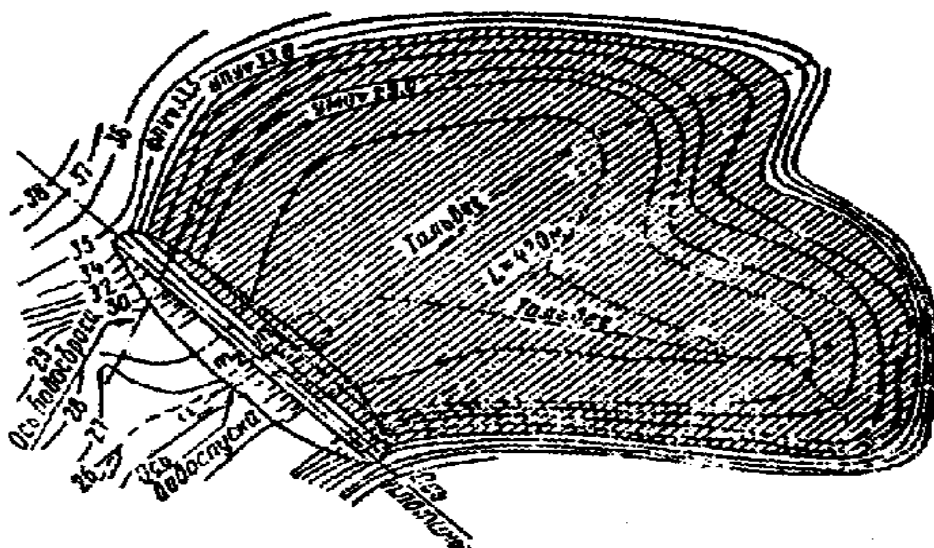


Рис. 9.2. План пруда и плотины

Объем чаши от нижней горизонтали до  $n$ -й вычисляют последовательным суммированием объемов чаши водоема по отдельным слоям. Результаты вычислений сводят в табл. 9.1 и по ее данным вычерчивают топографические кривые пруда (водоема), характеризующие изменение площади водной поверхности и объема чаши пруда при его наполнении (рис. 9.3).

Т а б л и ц а 9.1. Данные для построения топографических кривых водоема

№ пп	Горизонтالي, м	Площадь, га	Объем, тыс.м <sup>3</sup>	Объем чаши до данной горизонтали, тыс. м <sup>3</sup>
1	26,5	0	0	0
2	27,0	0,04	0,1	0,1
3	28,0	3,84	19,4	19,5 и т.д.

С помощью топографических кривых водоема по глубине стояния воды можно определить объем воды, находящийся в нем, и площадь водной поверхности при любом заданном уровне.

#### 4. Выбор типа и конструкции гидроузла водоема

При проектировании водоема для сельскохозяйственных нужд чаще устраивают земляные плотины трапецидального поперечного сечения. Они устойчивы в любых геологических и климатических условиях, просты по конструкции и технологии строительства. Их устраивают, как правило, насыпными или намывными.

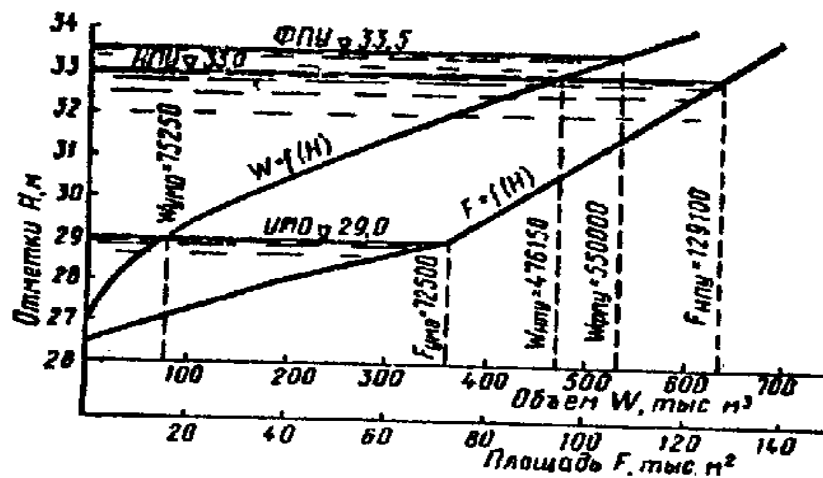


Рис. 9.3. Топографическая характеристика водоема

Для снижения фильтрации через земляные плотины применяют различные противофильтрационные устройства (экран, ядро, диафрагмы и др.). Земляные плотины могут быть однородные и неоднородные.

Наиболее подходящие грунты для строительства плотин - супеси и суглинки с соотношением глины к песку 1:1...1:2. Нельзя использовать для отсыпки тела плотины глину, торф, пески, так как глина при высыхании образует глубокие крупные трещины, а торф и песок обладают высокой водопроницаемостью.

Размеры поперечного профиля плотины (рис. 9.4) зависят от ее типа, высоты, характера грунтов ее тела и основания, условий строительства и эксплуатации.

Гребень плотины - это самая высокая ее часть. Ширина гребня ( $b$ ) устраивается не менее 3 м. Если по гребню предусматривается автомобильная дорога, ширина принимается 6...12 м и более.

Заложение откосов в зависимости от вида грунта тела плотины и ее высоты принимается для верхового 1:2,5...1:8, для низового откоса должна быть меньше низового.

При строительстве плотины предусматривается комплекс мероприятий по борьбе с фильтрацией под телом плотины и в обход плотины. Наиболее простым противофильтрационным мероприятием является устройство замка. Замок врезают в водоупорный слой на глубину 0,5...1 м. Для его устройства копают траншею по всей длине трассы плотины, которую заполняют слабофильтрующим материалом (мятой глиной).

Если тело плотины состоит из водопроницаемого грунта, то предусматривают устройство непроницаемого глиняного ядра или экрана. При наличии между замком и водоупором водоносного горизонта замок дополняют шпунтовой стенкой.

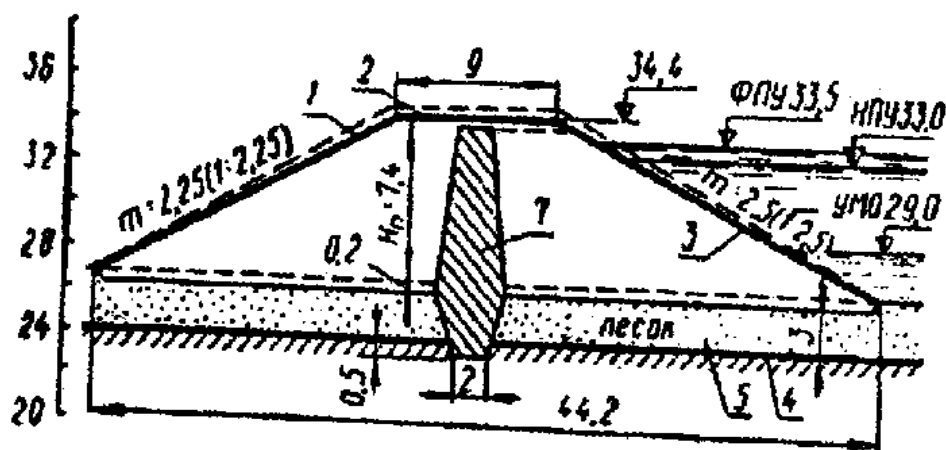


Рис. 9.4. Поперечный разрез плотины:

- 1 – низовой откос; 2 – гребень; верховой откос; 4 – водоупор;  
5 – водопроницаемый грунт; 6 – дно замковой канавы; 7 – ядро

В крупных земляных плотинах ( $H > 10$  м) с целью отвода фильтрационных вод в основании сухого откоса устраивается дренаж. Ширина дренажной отсыпки поверху не менее метра, а ее высота должна составлять не менее  $1/5 \dots 1/4$  высоты плотины  $H$ . Дренаж может быть трубчатым, диаметр труб – не менее 10 см.

Фильтрацию через тело плотины можно также значительно уменьшить устройством экрана из мятой глины или полиэтиленовой пленки. Экран укладывают вдоль мокрого откоса на глубине 0,7...0,8 м и покрывают слоем крупнозернистого песка толщиной 0,7...0,8 м. Гребень его должен быть на 0,6...0,8 м выше отметки ФПУ и на 1...1,2 м ниже гребня плотины.

Откосы земляных плотин в целях предохранения их от разрушения укрепляются различными видами креплений. Мокрый (верховой) откос укрепляется каменной наброской, бетонными монолитными и железобетонными плитами, асфальтобетонными покрытиями. Биологическое крепление (посадка древесно-кустарниковых пород)

наиболее дешевое и надежное. При устройстве пологих откосов ( $m > 5$ ) специальные виды креплений не предусматриваются.

Низовые откосы предохраняются от разрушения посевом многолетних трав или обкладкой дерном.

## 5. Определение объема плотины

Объем тела плотины необходимо знать для установления потребного количества грунта на ее строительство. Для этого вычерчивают план плотины. На плане устанавливаются общая длина плотины (ее начало и конец), высоты и границы распространения откосов. План плотины вычерчивают в масштабе 1:2000. Обозначают характерные уровни воды (УМО, НПУ и ФПУ).

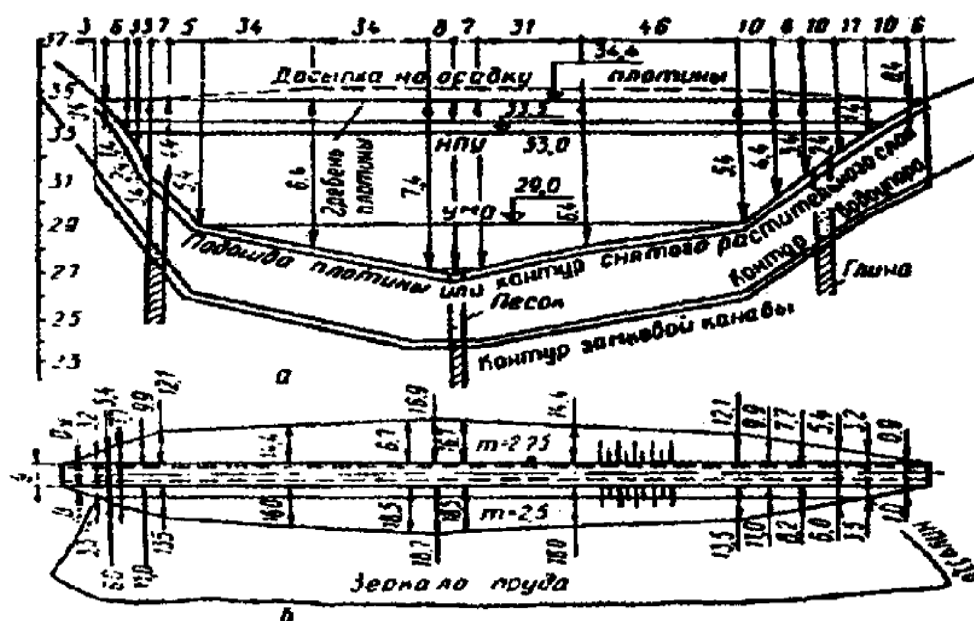


Рис. 9.5. Профиль по оси *a* и план плотины *б*

Высота плотины должна быть больше отметки НПУ не менее чем на 1,5 м (запас на высоту ветрового нагона воды у плотины и конструктивный запас на катастрофический паводок).

Расчет объема производится по отдельным призмам, заключенным между поперечными сечениями плотины. Поперечные сечения рассматриваются в местах прохождения горизонталей на плане. В каждом сечении высота и ширина плотины по низу будут разные. Линии верховой и низовой подошвы откосов плотины удалены от соответствующей бровки плотины в любом сечении на расстоянии горизонтального проложения откосов  $C = m \cdot h$ , где  $h$  - высота плотины в рассматриваемом сечении (м), равная разности отметок гребня и поверхности земли в этом сечении;  $m$  - заложение откоса (рис. 9.5).

Объем грунта складывается из суммы объемов отдельных призм между смежными сечениями.

Объем призмы определяется умножением средней площади поперечного сечения ( $\omega_{cp}$ ) на ее длину  $l$

Общий объем плотины получают суммированием объемов всех призм между сечениями с увеличением на 5...10 % для компенсации после

строительной осадки грунта в теле плотины.

## 6. Проектирование водорегулирующих сооружений

В период весенних или летних осенних паводков возможно переполнение пруда выше расчетного уровня. Для сброса избыточных вод в теле плотины устраивается поверхностный водосброс, а для забора воды из пруда и его опорожнения – водовыпуск и водоспуск.

Водосброс – гидротехническое сооружение для пропуска воды, сбрасываемой из верхнего бьефа во избежание его переполнения. Порог водосброса должен находиться на отметке НПУ. Слив избытков воды происходит автоматически (рис. 9.6).

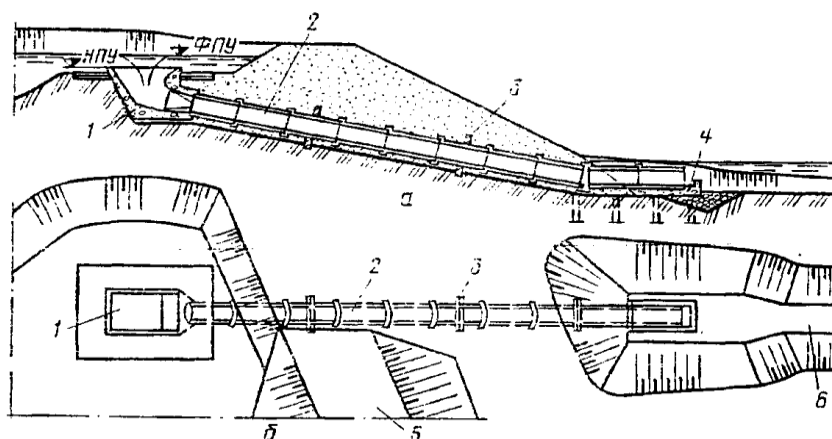


Рис.9.6. Схема автоматического трубчатого водосброса

*а* – продольный разрез по оси водосброса; *б* – план;

**1** – входной оголовок; **2** – железобетонные трубы; **3** – диафрагма; **4** – железобетонная плита на сваях; **5** – плотина; **6** – отводящий канал

Водовыпуск – гидротехническое сооружение для осуществления пропусков воды из верхнего бьефа пруда или водохранилища в целях забора для сельскохозяйственного водоснабжения, орошения или частичного опорожнения водоема.

Сливной порог открытого или дно трубы закрытого водовыпуска располагают на отметке мертвого объема (УМО).

Для полного спуска воды из пруда при ремонте плотины, очистки дна от твердых наносов и ила, а также для вылова рыбы на самой низкой отметке дна у плотины устраивается трубчатый донный водоспуск (рис. 9.7).

Пропускную способность водосбросных сооружений рассчитывают на пропуск максимального мгновенного паводкового расхода расчетной обеспеченности (вероятности превышения).

Расчетная обеспеченность максимальных паводковых расходов устанавливается по нормативным документам в зависимости от класса сооружений. Плотины прудов сельскохозяйственного назначения в большинстве случаев относятся к IV классу и рассчитываются на 1...3 % обеспеченность максимальных расходов.

Водосбросные сооружения малых прудов с водосборной площадью до 5

км<sup>2</sup> и высотой плотины до 6 м в отдельных случаях рассчитывают на пропуск паводка 10 % обеспеченности, и их относят к временным.

Конкретный тип сооружений принимается на основании гидрологических и гидравлических расчетов, технико-экономического сравнения вариантов.

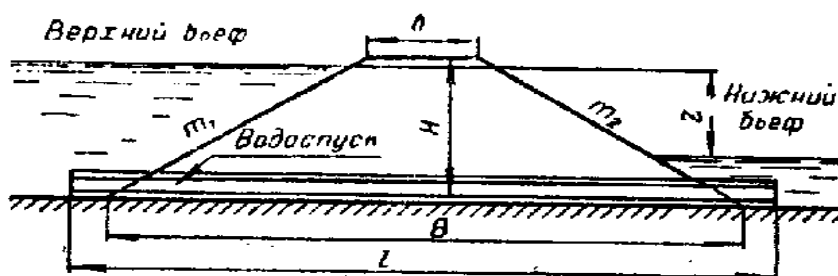


Рис. 9.7. Схема данного водоспуска

На окружающей пруд территории необходимо предусматривать организационно-хозяйственные и лесотехнические мероприятия по созданию природоохранных зон. Необходимо производить посадку лесных полос и залужение крупных склонов. Имеющиеся на водосборной площади овраги закрепляются с целью исключения дальнейшего их роста и размыва. Лесные полосы закладывают шириной 20...30 м вдоль уреза воды по отметке ФПУ и на расстоянии не менее чем 20 м от уреза воды по отметке НПУ. На склоновой части поля выше лесной зоны предусматривается залужение полосы шириной не менее 50 м. Травянистая растительность предотвращает эрозию почвы на склонах, кроме того эта зона может использоваться под сенокосы с посевом многолетних трав.

## 7. Пруды для рыборазведения

Основным источником промысловой рыбы являются моря и крупные реки. Продуктивность рек с каждым годом сокращается, главной причиной этого является загрязнение воды.

Одним из способов повышения рыбопродуктивности территории является ее производство в озерах, прудах и водохранилищах. В Республике Беларусь площадь водного зеркала, где возможно выращивание товарной рыбы превышает 250 тыс. га, существует 19 рыбхозов площадью 173 км<sup>2</sup>.

Полносистемные рыбные хозяйства (рыбхозы), как правило, имеют *нерестовые, мальковые, выростные, нагульные, зимовальные и специальные пруды*. Все виды рыбоводных прудов подпитываются водой из головного пруда, сооружаемого путем устройства плотины на реке. Реже для этих целей используют озера и водохранилища.

В нерестовых прудах происходит икротетание и выход мальков из икры. Их располагают на ровных с небольшим уклоном участках, хорошо прогреваемых солнцем и защищенных от холодных ветров. Площадь (F) их колеблется от 100 до 150 м<sup>2</sup> с глубиной воды  $h = 0,15...1,25$  м, чтобы создать различный температурный режим. Дно таких прудов покрывается

луговой растительностью.

Мальковые пруды предназначаются для выращивания мальков до 25...45 – дневного возраста ( $F = 0,25 \dots 1,0$  га,  $h = 0,5 \dots 0,6$  м.).

В выростных прудах ( $F = 3 \dots 5$  га,  $h = 0,25 \dots 1,5$  м) из мальков выращивают сеголетков (годовиков), в нагульных ( $F > 20$  га,  $h = 0,5 \dots 3$  м) – товарную рыбу. Зимовальные пруды служат для сохранения рыбного запаса зимой. Это проточные пруды площадью 0,3...1,0 га, с глубиной  $h = 1,5 \dots 2,5$  м. К специальным прудам относятся маточные, карантинные, садки и т.д.

Все эти пруды создают таким образом, чтобы можно было обеспечить подачу в них воды из головного пруда, который часто является и нагульным.