



А.В. Григорьева  
А.В. Капралов  
К.Ф. Ижова

# **ИНЖЕНЕРНАЯ БИОЛОГИЯ**

Екатеринбург  
2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»**

Кафедра экологии и природопользования

А.В. Григорьева  
А.В. Капралов  
К.Ф. Ижова

## **ИНЖЕНЕРНАЯ БИОЛОГИЯ**

Методические указания  
для проведения практических занятий  
по направлению подготовки 35.03.01 «Лесное дело»,  
дисциплина «Инженерная биология»,  
раздел «Гидротехнические мелиорации»  
очной и заочной форм обучения

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.  
Протокол № 2 от 05.10. 2018 г.

Рецензент – И.С. Сальникова, канд. с.-х. наук, доцент кафедры ЛТиЛУ УГЛТУ.

Редактор А.Л. Ленская  
Оператор компьютерной верстки Е.Н. Дунаева

---

Подписано в печать 25.11.2019		Поз. 26
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 3,02	Цена руб. коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Сектор оперативной полиграфии УГЛТУ

## Введение

В методических указаниях приведены материалы по разделу «Гидротехнические мелиорации», который является основой для изучения дисциплины «Инженерная биология». Гидротехнические мелиорации – это комплекс мероприятий, направленных на улучшение водного режима земель, а вместе с ним термического и пищевого. Данный раздел включает изучение следующих тем: осушение, орошение (ирригация), обводнение и водоснабжение, противозрозионные гидротехнические мероприятия. По каждой теме на практических занятиях обучающиеся получают индивидуальное задание, на основе которого выполняют отчет, содержащий пояснительную записку и рабочие чертежи. Образец титульного листа к отчету приведен в Приложении 1.

В данных методических указаниях по каждой теме представлены содержание отчета, а также теоретическая часть работы, необходимая для выполнения расчетов и проектирования. Текст пояснительной записки размещается на листах формата А4, шрифт Times New Roman, размер шрифта 14 пт., поля 2,0 см со всех сторон, абзацный отступ 1,0 см, междустрочный интервал 1,5 строки. Рабочие чертежи выполняются в соответствии с действующими ГОСТами.

Работа будет полезна не только для закрепления теоретических знаний по дисциплине, но и в будущей практической деятельности бакалавров по направлению «Лесное дело».

## Осушение лесных земель

### *Содержание отчета № 1*

Введение.

1. Определение типа заболачивания.
2. Определение расстояния между осушителями.
3. Состав осушительной системы. Проектирование осушительной системы в плане.
4. Расчет лесоводственной эффективности осушения.

### **Введение**

Во введении основное место должно быть отведено описанию физико-географического положения области, в которой проектируется осушительная система, ее естественно-исторической характеристике, климатическим условиям, геологическому и геоморфологическому строению, гидрографии, почвенному и растительному покрову, экономике. После чего следует описать цель и задачи осушения лесных земель и дать характеристику заболоченного участка, согласно индивидуальному заданию, которое выдано обучающемуся на практическом занятии.

### **1. Определение типа заболачивания**

Согласно определению Всесоюзной конференции по болотному кадастру, состоявшейся в 1934 г., *болотом* называется избыточно-увлажненный участок земной поверхности, который покрыт слоем торфа мощностью не менее 30 см в неосушенном и 20 см в осушенном состоянии. Земли избыточного увлажнения с наличием торфа до 30 см в неосушенном и до 20 см в осушенном состоянии называются *заболоченными*.

Под *торфом* следует понимать содержащую не более 50 % минеральных примесей органическую породу, образовавшуюся в результате отмирания и неполного разложения растений при наличии повышенной влажности и затрудненном доступе воздуха, т.е. в условиях анаэробного разложения.

Болота образуются двумя путями:

- зарастанием, заторфовыванием водоемов;
- заболачиванием суши.

*Типология болот* разработана на экологических принципах, в основу которых положены особенности водного и минерального питания. Сюда относятся состав растительного покрова, ботанический состав, зольность, степень разложения торфа, его кислотность и др., что дает представление о хозяйственной ценности болота и путях его использования.

Согласно экологическому принципу различают следующие типы болот: *низинные (евтрофные), переходные (мезотрофные) и верховые (олиготрофные)*.

К *низинным* относятся болота, занимающие пониженные места, имеющие плоскую или вытянутую поверхность. Водное питание – смешанное

с преобладанием грунтового, склонового или намывного. Зольность торфов составляет более 7 – 10 %, рН 3,8 – 4,5. Моховой покров подавлен, травяной отличается богатством видов и интенсивным развитием. На таких болотах произрастают все основные виды лесообразующих пород. Низинные болота являются первоочередными объектами осушения.

*Верховые* болота располагаются по повышенным элементам рельефа. Поверхность их выпуклая, микрорельеф ровный. Тип водного питания – атмосферный. Зольность торфа 2 – 3 %, рН 3,0 – 3,5. Травяной покров на верховых болотах отсутствует, моховой обильно развит в основном за счет сфагнумов. Верховые болота – обычные места произрастания клюквы, голубики, морошки, а также багульника, кассандры, подбела и др. Из древесных пород произрастают лишь сосна низких бонитетов. Осушение таких болот с целью увеличения продуктивности древостоев нецелесообразно.

*Переходные* болота являются по всем характеристикам промежуточными между верховыми и низинными болотами.

Определим тип болота. Например: так как на участке мелиорации зольность торфа составляет 3 %, то тип заболачивания (тип болота) – верховой.

### **2. Определение расстояния между осушителями**

Расстояния между каналами регулирующей сети в значительной степени определяют величину и скорость понижения почвенно-грунтовых вод (ПГВ) осушаемой территории. В природных условиях действие осушительных каналов зависит от многих причин. Все причины с необходимой точностью учесть сложно, поэтому используется несколько методов определения расстояний между осушителями:

1) гидрологический метод, основанный на скорости понижения уровня ПГВ на требуемую глубину за определенное время, применяется при осушении парков, лесопарков, лесов курортного значения, т.е. тогда, когда вопрос стоимости не играет решающей роли. В этом случае осушительная система будет отвечать принципу максимальной продуктивности, т.е. достигается полное использование потенциальных возможностей осушенных почв;

2) лесоводственный метод, основанный на выявлении изменения влияния осушения на рост леса по мере удаления от канала;

3) технико-экономический метод, предусматривающий устанавливать расстояние между осушителями с учетом наибольшей эффективности средств, вкладываемых в осушение. Метод не ставит целью максимальное увеличение потенциально возможного прироста при данном богатстве почв. Основа метода – наивыгоднейшее соотношение расходов на осушение и доходов от него. Метод отвечает принципу максимальной рентабельности;

4) расчет по местным эмпирическим формулам и графикам.

В данной работе расстояние между осушителями устанавливается по максимальной рентабельности системы. Расчет проводится на основе базового варианта для конкретного региона и участка мелиорации в соответствии с его почвенно-грунтовыми, лесорастительными и гидрологическими условиями в зависимости от планируемой конечной эффективности мелиорации.

При определении расстояний между осушителями допустима корректировка расстояний на основе расчета по местным нормам осушения, а также с учетом местного опыта.

Определим расстояние между осушителями для рассматриваемого нами примера. Расстояние между осушителями базового варианта ( $L_{б.в.}$ , м) определяется по Приложению 2. Так как тип заболачивания – верховой, тип леса – сосняк сфагновый ( $C_{сф}$ ), глубина (мощность) слоя торфа ( $T_T$ ) составляет 2,0 м (если мощность торфа более 1,0 м, то расчет базового варианта проводится по торфу), то расстояние, отвечающее максимальной рентабельности, составляет 110 м.

По Приложению 3 определяем поправочный зональный коэффициент на базовое расстояние между осушителями ( $K_{oc}$ ). Он зависит от экономического района, края, республики и для рассматриваемого примера определяется следующим образом: так как объект мелиорации расположен во Владимирской области, то поправочный зональный коэффициент на базовое расстояние между осушителями составит  $K_{oc} = 0,94$ .

Базовое расстояние между осушителями определено для установившейся глубины осушителя, равной 1,0 м. При другой глубине осушителя вводится поправочный коэффициент на базовое расстояние между осушителями в зависимости от грунтовых условий и установившейся глубины каналов ( $K$ ) по Приложению 4.

Глубину осушителей устанавливают в зависимости от почвенно-грунтовых условий, с учетом влияния осушения на рост леса, а также величины осадки торфа:

$$T_{пр} = T_{уст} m,$$

где  $T_{пр}$  – проектная глубина осушителя, которую придает ему при подготовке канавокопатель или экскаватор, м;

$T_{уст}$  – установившаяся глубина осушителя, которую принимает канал после осадки торфа, м; определяется по табл. 1;

$m$  – коэффициент плотности торфа, зависящий от типа болота и степени разложения торфа, определяется по табл. 2.

Таблица 1

Значения установившейся глубины осушителей (минимальные)

Мощность торфа, м	Установившаяся глубина, м
От 0,10 до 0,50	0,8 – 0,9
От 0,50 до 1,30	1,0
Более 1,30	1,0 – 1,2

Таблица 2

## Показатели осадки торфа

Тип болота	Плотность торфа			
	Низинный	1,20	1,25	1,35
Верховой	1,30	1,40	1,50	1,65
Степень разложения торфа, %	более 35	25-35	15-25	до 15
Торф	Плотный	Менее плотный	Довольно рыхлый	Рыхлый

Определим для рассматриваемого нами примера поправочный коэффициент на базовое расстояние между осушителями в зависимости от грунтовых условий и установившейся глубины каналов ( $K$ ). Так как мощность торфа составляет 2,00 м, то установившаяся глубина осушителя ( $T_{уст.ос.}$ ) принимается равной 1,20 м ( $T_T > 1,30$  м), согласно табл. 1. Торф глубиной более 1,00 м и тип заболачивания – верховой, поэтому поправочный коэффициент на базовое расстояние между осушителями в зависимости от грунтовых условий и установившейся глубины каналов  $K$  равен 1,11 (см. Приложение 4).

Показатель осадки торфа  $m = 1,30$ , торф плотный, так как тип болота – верховой, степень разложения торфа составляет 55 % (см. табл. 2).

Расстояние между каналами регулирующей сети ( $L$ ) определяется по формуле

$$L = L_{б.в} \cdot K_{ос} \cdot K = 110 \cdot 0,94 \cdot 1,11 = 114,77 \approx 115 \text{ м.}$$

Через такое расстояние и размещаются осушители на плане в соответствии с масштабом (рис. 1, 2, 3).

### 3. Состав осушительной системы. Проектирование осушительной системы в плане

Осушение лесных земель проводится преимущественно сетью открытых самотечных каналов. *Осушительной системой* называется комплекс инженерных сооружений, обеспечивающих создание оптимального водного режима на переувлажненных землях. Осушительная система состоит из следующих элементов:

1) регулирующая сеть – осушители (Ос-1, Ос-2 и т.д.), тальвеговые каналы (ТК-1, ТК-2 и т.д.), борозды (Б-1, Б-2 и т.д.);

2) проводящая сеть – транспортирующие собиратели (ТС-1, Тс-2 и т.д.), магистральные каналы (МК-1, МК-2 и т.д.);

3) ограждающая сеть – нагорные каналы (НК-1, НК-2 и т.д.), ловчие каналы (ЛК-1, ЛК-2 и т.д.);

4) водоприемники – реки, крупные ручьи, озера;

5) гидротехнические сооружения на регулирующей, проводящей и ограждающей сети;



- б) дорожная сеть с транспортными устройствами;
- 7) противопожарные и природоохранные устройства (биотехнические мероприятия);
- 8) осушаемые земли.

Расположение открытой осушительной сети в плане определяется:

- а) типом леса, характером почв и подстилающих грунтов;
- б) типом и интенсивностью водного питания;
- в) рельефом и конфигурацией осушаемого участка;
- г) дорогами, квартальными просеками, расположением сооружений.

Порядок проектирования мелиоративной сети следующий:

- анализируют рельеф участка осушения и намечают расположение основных элементов системы с учетом максимального использования тальвеговых понижений и существующих водотоков;
- увязывают плановое положение каналов с дорогами и просеками;
- составляют продольные профили на каналы;
- проводят гидрологические и гидравлические расчеты;
- подбирают типовые гидротехнические сооружения, транспортные, противопожарные и природоохранные устройства;
- намечают производство гидрлесомелиоративной системы и рассчитывают смету затрат.

При проектировании планового положения *регулирующей сети* (см. рис. 1, 2, 3) необходимо руководствоваться следующими основными положениями:

- а) трассы регулирующей сети по возможности должны быть проложены вблизи существующих просек и дорог;
- б) расположение регулирующей сети должно обеспечить поступление в каналы избыточных вод в наибольшем количестве и по кратчайшему пути. В целях наиболее полного перехвата поверхностных и грунтовых вод каналы регулирующей сети должны быть расположены под острым углом к горизонталям рельефа или гидроизогипсам. В последнем случае регулирующая сеть перехватывает и поток грунтовых вод;
- в) сопряжение каналов регулирующей сети с собирателями в плане проводится под углом  $60 - 90^\circ$ ;
- г) следует стремиться проектировать двухстороннее впадение регулирующей сети в проводящие каналы;
- д) тальвеговые каналы должны располагаться по самым низким местам – по ложбинам, лощинам, низинам;
- е) каналы регулирующей сети должны быть параллельны между собой, а длина их, как правило, составляет от 500 до 1500 м в зависимости от условий рельефа, расстояний между собирателями. Минимальная длина осушителей может быть в отдельных случаях равна 200 – 300 м. Во всех случаях следует стремиться проектировать осушители в пределах квартала (чтобы они не пересекали квартальные просеки).

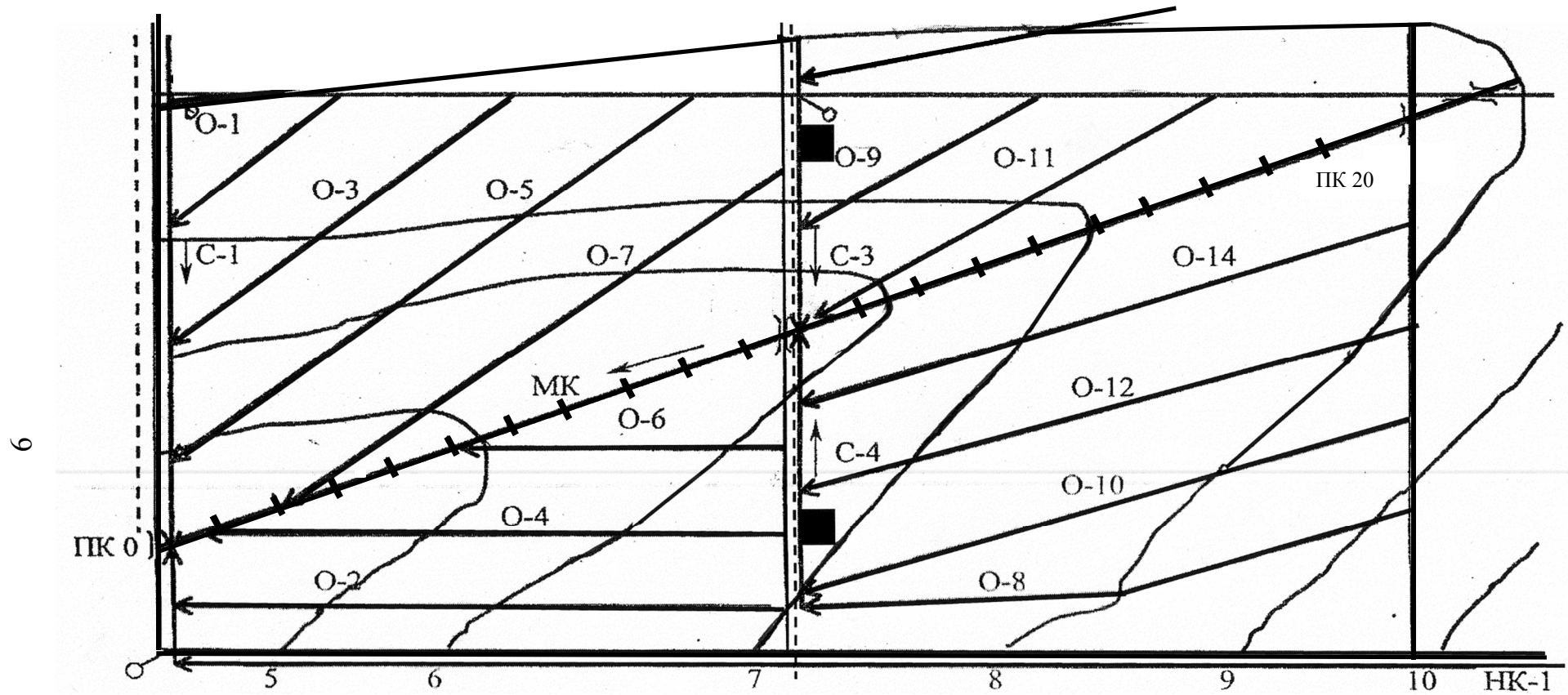




Рис.1. Расположение осушительной системы на плане: МК – магистральный канал, С – транспортирующий собиратель, О – осушитель, НК – нагорный канал,  – труба-переезд, ---- – дорога,  – мост; ■ – противопожарный водоем

10

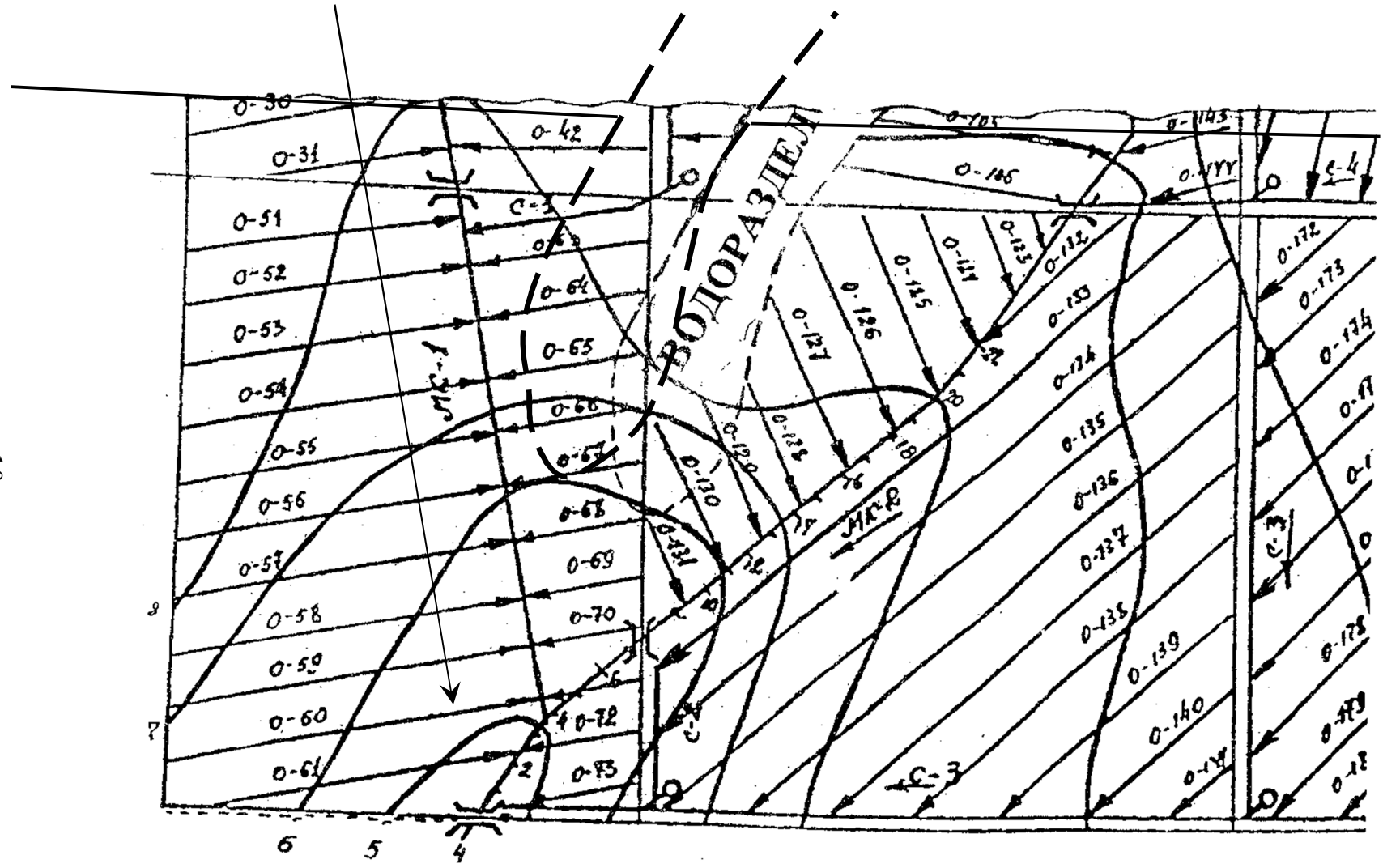


Рис. 2. Схема размещения осушительных каналов: МК – магистральный канал, С – транспортирующий собиратель, О – осушитель, НК – нагорный канал, Т – труба-переезд, - - - - - дорога, ≡ – мост

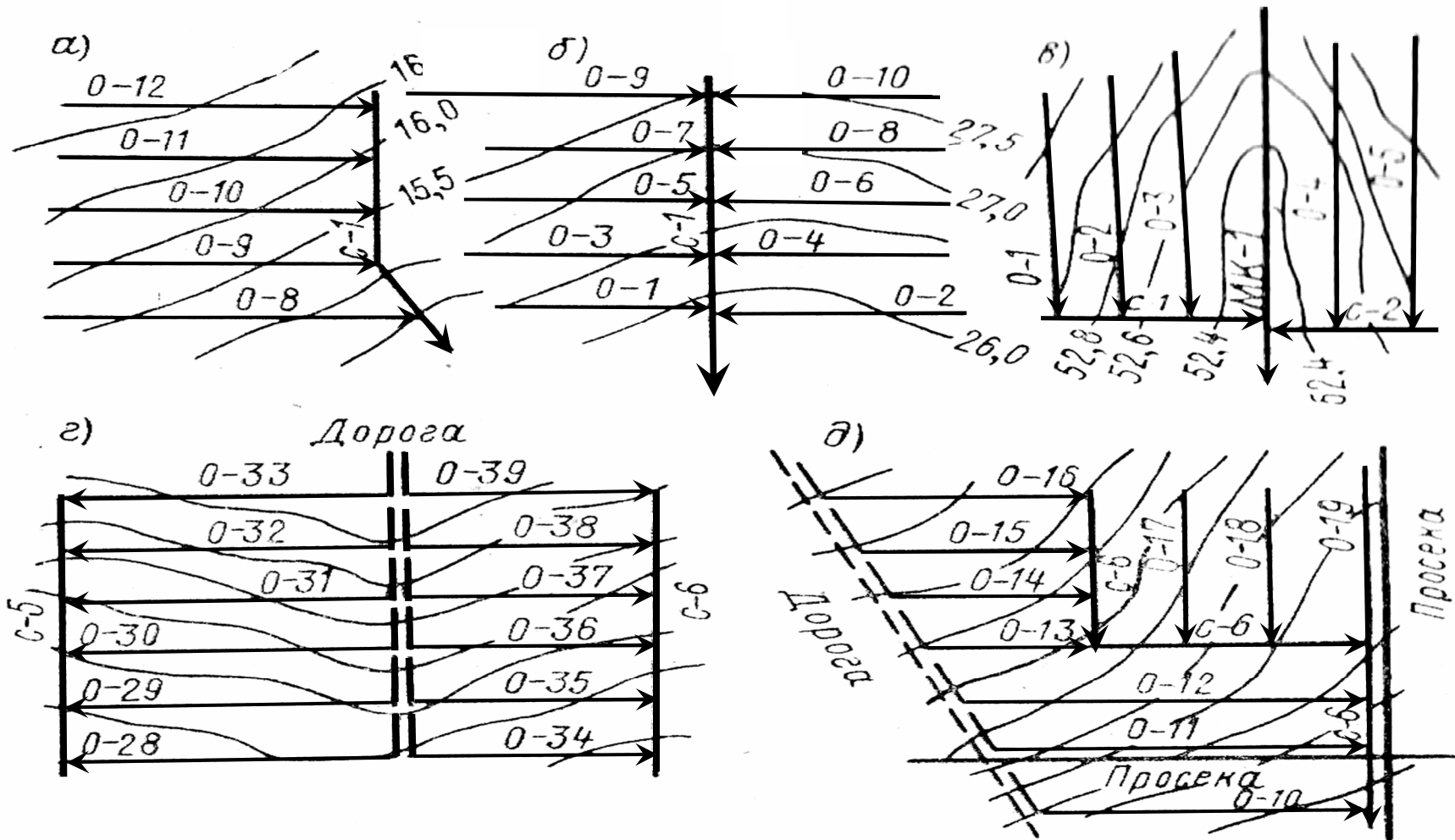


Рис. 3. Основные варианты расположения осушительной сети в зависимости от рельефа:  
 МК – магистральный канал, С – транспортирующий собиратель, О – осушитель

**Проводящие каналы** должны обеспечивать удаление избытка воды с осушаемых участков без затопления их в вегетационный период и пропускать расчетные расходы воды ниже бровок берега. При проектировании проводящих каналов следует руководствоваться следующими основными положениями:

а) проводящую сеть необходимо располагать по самым низким отметкам поверхности земли с наибольшими глубинами торфа;

б) каналы следует проектировать так, чтобы глубина торфа увеличивалась к устью;

в) проводящая сеть должна обеспечивать сброс воды с территории участка по кратчайшему пути, иметь прямолинейное размещение с возможно меньшим количеством пересечений с дорогами, коммуникациями, линиями связи и электропередач;

г) на участках без лощин и тальвеговых понижений проводящая сеть проектируется в зависимости от удобства размещения в плане регулирующей сети;

д) сопряжение собирателей с магистральными каналами рекомендуется проводить под углом не более  $60 - 80^\circ$  или проектировать закругления радиусом  $> 10B$  ( $B$  – ширина канала по верху);

е) углы поворота магистрального канала должны быть тупыми (более  $90^\circ$ ). Сопряжение его с водоприемником проектируется под углом  $45 - 60^\circ$ . При большем угле проектируется закругление.

**Нагорные каналы** проектируются по границе осушаемого участка под острым углом к горизонталям. Для ограждения осушаемого участка от притока грунтовых или грунтово-напорных вод проектируются нагорно-ловчие, ловчие каналы.

На осушительной системе могут быть запроектированы следующие группы сооружений:

1) подпорные сооружения (шлюзы-регуляторы, перегораживающие сооружения) проектируются для создания временного подпора воды в каналах в целях увлажнения территории в засушливые периоды в противопожарных целях, а также для заполнения противопожарных водоемов. При создании временного подпора используют переносные щиты;

2) сопрягающие сооружения (перепады, быстротоки) проектируются при наличии больших уклонов, когда возможно разрушение русла канала. При проектировании целесообразно воспользоваться типовыми конструкциями сопрягающих сооружений;

3) крепление каналов проводят в тех случаях, когда участки канала подвергаются размыву или русло канала проходит в неустойчивых грунтах. В этом случае применяется крепление дерном, каменным мощением, фашинами, жердями и плетневой стенкой, пористыми ж/б плитами;

4) мосты и трубы-переезды проектируются на пересечении дорог общего пользования и лесохозяйственных дорог с водотоками и каналами. В

местах вероятного прогона скота и прохода гусеничного транспорта проектируют *ложбины* и *броды-переезды*. На песчаных грунтах ложбины устраивают планировкой съездов, а на глинистых и торфяных – с дополнительным креплением съездов и дна канала камнем или деревянным настилом;

5) на пересечении троп с каналами, в устьях каналов, на участках каналов с глубокими торфами и на проводящих каналах не далее чем через 1 км устраиваются пешеходные мостики;

б) сточные воронки проектируются через 500 м с верховой стороны магистрального канала.

Для уменьшения распространения пожаров и быстрой их ликвидации предусматривают:

а) устройство противопожарных трасс в виде уширенных просек вдоль каналов с проходящей по ним дорогой (или без нее);

б) устройство шлюзов на каналах осушительной сети для задержания воды в засушливые периоды;

в) устройство противопожарных водоемов;

г) устройство водопроводящих каналов от водоисточников к вершинам осушительных систем.

**Противопожарные водоемы** устраивают в местах наибольшей пожарной опасности на расстоянии 1 км один от другого вблизи дорог и квартальных просек. Наполняются водоемы из каналов проводящей сети (транспортирующих собирателей) за счет вод, стекающих непосредственно в водоем. При заполнении водоема из осушительного канала делается соединительная траншея глубиной 0,4 – 0,5 м и шириной по дну 0,4 – 0,5 м. Соединительную траншею под дорогой делают закрытой (ж/б труба). Водоемы проектируются полезной емкостью не менее 280 – 300 м<sup>3</sup>, средней глубиной воды не менее 1,5 м и глубиной мертвого уровня не менее 0,5 м.

Технические мероприятия по охране природы заключаются в устройстве водоемов, бродов, разравнивании отвалов с последующим посевом кормовых трав или плодовых кустарников, а также в устройстве *отстойников-илоуловителей* в устьевых частях каналов, предназначенных для предотвращения выноса илистых частиц с осушенных площадей и загрязнения водоприемников. Отстойник-илоуловитель проектируется однокамерный в устье МК. Отстойник представляет собой уширенную часть магистрального канала, расположенную в его устье. Отстойник должен иметь ширину в 2-4 раза шире магистрального канала (и по дну, и по верху), глубину на 1-2 м больше. Длина отстойника-илоуловителя рассчитывается в зависимости от размеров осушаемой площади, из расчета на 100 га площади – 100 м<sup>3</sup> воды.

**Лесохозяйственные мероприятия** по охране природы заключаются в лесовосстановлении и облесении вырубок, гарей, прогалин, песков, вырубанных торфяников.

**Биотехнические мероприятия** включают:

а) улучшение естественных болотных ягодников нарезкой дренажных борозд через 10 – 20 м на глубину до 0,5 м, фрезерование поверхности, улучшение светового режима, разреживание древесно-кустарникового полога до полноты 0,5 и ниже, уничтожение конкурирующих трав;

б) использование разровненных кавальеров для посева кормовых культур и посадки кустарников, имеющих кормовое значение;

в) очистку отвалов, сложенных песчаными грунтами, для устройства порхалищ в местах обитания боровой дичи.

**При проектировании дорог** на объектах мелиорации необходимо выполнять следующие требования:

1) дороги следует проектировать вдоль границ участков и осушительных каналов;

2) по возможности не проектировать дороги на глубоких торфах с пересечением линий тока поверхностных и грунтовых вод;

3) количество пересечений с водотоками и каналами должно быть минимальным;

4) проектируемые дороги должны способствовать обеспечению противопожарной безопасности, ведению лесохозяйственного производства, обеспечивать проход тракторов, экскаваторов и лесохозяйственных механизмов;

5) дороги должны проходить с низовой стороны каналов;

6) возвышение бровок земляного полотна в зоне осушения над поверхностью земли при затруднительном водоотводе должно быть в пределах 0,7 – 0,8 м;

7) в лесопарковой зоне кроме дорог проектируются пешеходные дорожки, устраиваемые путем разравнивания отвалов грунта каналов.

На выбранном участке мелиорации необходимо запроектировать осушительную систему, написать состав осушительной системы согласно табл. 3.

#### **4. Расчет лесоводственной эффективности осушения**

После осушения, т.е. удаления избытка влаги из почвы, улучшается не только рост леса, но изменяется и общее состояние территории: улучшаются условия ведения лесного хозяйства, условия дорожного строительства, эстетическое состояние территории, обогащается флора и фауна и др. Такие изменения определяют понятие *общехозяйственная эффективность осушения*.

Основная задача осушения – повышение продуктивности лесных земель. В результате осушения улучшаются условия роста существующих древостоев и естественного возобновления, происходит смена старых древостоев молодыми, что в итоге приводит к увеличению прироста древеси-

ны. Эффективность осушения, которая оценивается по приросту древесины, называется *лесоводственной*.

Таблица 3

Состав осушительной системы

Элементы осушительной системы	Индексы, нумерация*, обозначение	Назначение элементов осушительной системы
Регулирующая сеть		
Ограждающая сеть		
Проводящая сеть		
Водоприемники		
Гидротехнические сооружения		
и др.		

\* Нумерация каналов начинается от устья принимающего канала; каналы, впадающие справа по течению, нумеруются четными, а слева – нечетными цифрами.

Влияние почвенных условий и характера древостоя на лесоводственную эффективность осушения зависит от наличия в почве в достаточном количестве питательных веществ в доступной форме (N, P, K). Лесоводственная эффективность в первую очередь зависит от потенциального богатства почвы. Она, в свою очередь, определяется типом болота, и они по мере снижения потенциального богатства располагаются в таком порядке: низинные, переходные, верховые. При прогнозировании лесоводственной эффективности осушения обычно ориентируются на зольность торфа, которая является показателем содержания питательных веществ в почве. Лучший рост леса при одинаковой зольности отмечается при большей глубине почвенно-грунтовых вод (ПГВ).

На эффективность осушения также влияют климатические факторы, породный состав, возраст древостоя.

Осушением лесных земель обеспечиваются значительное повышение продуктивности лесов и улучшение их качественного состава, интенсификация лесозаготовки и производительности лесозаготовительных предприятий, создание благоприятных транспортных условий, прекращение роста и заболачивания сплошных вырубок, улучшение естественного и возможность искусственного возобновления леса и использования воды, отводимой от осушаемого участка для питания прудов и орошения питом-



ников, улучшение сенокосов и пастбищ, санитарно-гигиенических, эстетических и экологических условий в лесу.

Количественная оценка всей полезности осушительных мелиораций лесных земель довольно затруднительна. Поэтому рассчитаем только лесоводственную эффективность осушения.

Увеличение прироста в результате осушения вычисляют по таблицам хода роста осушенных древостоев. Для соответствующих типов леса и породы выписываются значения текущего прироста до и после осушения в первое и второе десятилетие осушения.

К величине дополнительного прироста берутся два поправочных коэффициента:

1) поправочный коэффициент по области, краю, республике или ее части, учитывающий климатические условия расположения участка осушения;

2) поправочный коэффициент на полноту для корректирования текущего дополнительного прироста в зависимости от породы и полноты древостоя.

Расчеты дополнительного прироста ведут сначала на каждый гектар, а потом для всей площади осушения. Полученные данные сводятся в табл. 4.

Таблица 4

Расчет лесоводственной эффективности осушения

Прирост древесины за 1 год, м <sup>3</sup> /га	За первое десятилетие	За второе десятилетие
После осушения		
До осушения		
Дополнительный		
Дополнительный за 10 лет, м <sup>3</sup> /га		
Дополнительный на всем осушаемом участке за 10 лет		
Дополнительный на всем осушаемом участке за 20 лет		

Оценкой стоимости древесины, получаемой с площади до и после осушения, выявляется эффективность лесоосушения в денежном выражении.

Если поделить затраты на строительство осушительной системы на стоимость дополнительно получаемой древесины в результате осушения (в среднем за 1 год), то получим срок окупаемости затрат на лесоосушение (в годах). Этот срок в реальных условиях колеблется от 3 – 5 до 10 – 12 лет.

## Расчет оросительных и поливных норм, определение объемов воды на орошение

### Содержание отчета № 2

Введение.

1. Определение коэффициента увлажнения по месяцам вегетации и в целом за вегетационный период.
2. Определение оросительной нормы по формуле И.А. Шарова.
3. Определение поливной нормы.
4. Определение расхода воды из каналов оросительной сети для полива питомника.
5. Определение оросительной способности водоисточника.

### Введение

Во введении основное место должно быть отведено описанию понятия, целей и задач орошения земель, дана краткая характеристика видов орошения и требований, предъявляемых к качеству воды, используемой для орошения.

### 1. Определение коэффициента увлажнения по месяцам и в целом за вегетационный период

*Режим орошения* представляет совокупность поливных и оросительных норм, числа и сроков полива. Он зависит от биологических особенностей растений, климатических, почвенных и гидрологических условий орошаемых земель. Основой для оценки необходимости в орошении, а также территориальной и количественной изменчивости режимов орошения может служить коэффициент увлажнения. Коэффициент увлажнения ( $K_{увл}$ ) определяется по формуле

$$K_{увл} = \frac{10 \cdot P}{T},$$

где

$P$  – сумма осадков за период вегетации, мм;

$T$  – сумма температур за период вегетации, °С.

Например, требуется определить коэффициент увлажнения по месяцам вегетации и в целом за сезон 1985 года. Сначала определяем коэффициент увлажнения отдельно по каждому месяцу вегетации, используя табл. 5, 6.

$$K_{увл. \text{ май}} = \frac{10 \cdot P}{T} = \frac{10 \cdot 29}{7,3 \cdot 31} = 1,28 \text{ – влажно;}$$

$$K_{увл. \text{ июнь}} = \frac{10 \cdot P}{T} = \frac{10 \cdot 61}{14,7 \cdot 30} = 1,38 \text{ – влажно;}$$

$$K_{увл. \text{ июль}} = \frac{10 \cdot P}{T} = \frac{10 \cdot 89}{14,9 \cdot 31} = 1,93 \text{ – избыточно влажно;}$$

$$K_{\text{увл. август}} = \frac{10 \cdot P}{T} = \frac{10 \cdot 37}{15,2 \cdot 31} = 0,79 \text{ – засушливо};$$

$$K_{\text{увл. сентябрь}} = \frac{10 \cdot P}{T} = \frac{10 \cdot 36}{8,7 \cdot 30} = 1,38 \text{ – влажно.}$$

Таблица 5

Количество осадков по годам

Год	Месяц вегетации					Итого
	V	VI	VII	VIII	IX	
1	2	3	4	5	6	7
1985	29	61	89	37	36	252
1986	62	100	72	69	69	372
1987	27	63	80	71	186	427
1988	36	27	42	32	103	240
1989	50	76	11	79	59	275
1990	62	111	99	113	114	499
1991	16	44	171	98	60	389
1992	17	26	185	88	10	326
1993	65	57	197	107	48	474
1994	24	69	154	135	28	410
Среднее	43	70	99	73	58	343

Таблица 6

Среднемесячная температура воздуха в период вегетации

Год	Месяц вегетации					Итого
	V	VI	VII	VIII	IX	
1	2	3	4	5	6	7
1985	7,3	14,7	14,9	15,2	8,7	12,2
1986	6,8	14,6	14,5	12,8	9,4	11,7
1987	14,9	17,7	19,6	14,2	7,9	14,9
1988	8,8	17,8	20,7	17,0	8,9	14,6
1989	10,2	19,2	20,7	13,1	8,5	14,3
1990	7,8	16,1	17,1	14,5	7,3	12,6
1991	13,5	18,8	16,5	12,5	9,8	14,2
1992	8,0	12,8	14,8	16,0	10,0	12,3
1993	9,7	16,8	17,8	15,2	5,3	13,0
1994	10,8	16,4	14,9	13,5	9,9	13,1
Среднее	9,3	15,4	17,2	13,7	8,7	12,9

Значения коэффициента увлажнения показывают: при  $K_{\text{увл}}$  до 0,5 – сухо; при  $K_{\text{увл}}$  до 1,0 – засушливо;  $K_{\text{увл}}$  до 1,5 – влажно и при  $K_{\text{увл}}$  до 2,0 и выше – избыточно влажно.

Коэффициент увлажнения в целом за период вегетации 1985 года будет равен:

$$K_{\text{увл период вегетации}} = \frac{10 \cdot P}{T} = \frac{10 \cdot 252}{12,2 \cdot 153} = 1,35 - \text{влажно.}$$

Таким образом, период вегетации 1985 года в целом был влажный.

По коэффициенту увлажнения различают два основных типа водного режима – промывной и непромывной. Для всей лесной зоны России характерен промывной тип водного питания почвы с коэффициентом увлажнения 2,0–2,5.

Непромывной тип водного режима характерен для почв лесостепной, степной и пустынной зон. В лесостепной зоне осадки выпадают неравномерно, бывают засушливые годы, коэффициент увлажнения колеблется от 1,0 до 2,0. В этой зоне в засушливые годы необходимо орошение.

## 2. Определение оросительной нормы по формуле И.А. Шарова

Период времени, в течение которого возникает надобность в поливах, называют *оросительным периодом*.

Основой для расчета показателей поливного режима в оросительный период служит уравнение водного баланса. Балансовые расчеты заключаются в сопоставлении количества воды, необходимого растениям для их нормального роста и развития, с природной водообеспеченностью орошаемых площадей (атмосферными осадками и грунтовыми водами). В основу биоклиматического метода расчета положена общность между суммарным водопотреблением и испаряемостью. По разнице между суммарным водопотреблением культуры и ее естественной влагообеспеченностью определяется оросительная норма.

*Оросительная норма* ( $M$ , м<sup>3</sup>/га), или *дефицит водопотребления* за вегетационный период, – это количество воды, подаваемое на 1 га орошаемой площади за весь период вегетации. Она равна разнице между суммарным водопотреблением культуры и естественной влагообеспеченностью:

$$M = E_v - (V_{\text{п}} + 10 \cdot P \cdot \alpha + \Gamma),$$

где  $E_v$  – суммарное водопотребление культуры за вегетационный период, м<sup>3</sup>/га;

$V_{\text{п}}$  – активный запас влаги в почве на начало вегетации, м<sup>3</sup>/га (колеблется от 600 до 1400 в зависимости от механического состава грунтов и типа почвы);

$P$  – сумма осадков за вегетационный период, мм;

$\alpha$  – коэффициент испарения атмосферных осадков, 0,5 – 1,0;

$\Gamma$  – количество грунтовых вод, используемых за расчетный период, м<sup>3</sup>/га.

По формуле И.А. Шарова оросительная норма определяется как разность суммы суточных температур за период вегетации и активных запасов влаги в почве:

$$M = 2 \sum t - W_{\text{ак.}},$$

$\sum t$  – сумма среднесуточных температур за период вегетации, °С;

$W_{ак}$  – активные запасы влаги в почве, м<sup>3</sup>/га, образующиеся за счет осенних и весенних осадков (их величина принимается равной 50 % полевой влагоемкости) (табл. 7).

Таблица 7

Характеристика свойств почвы

Почва	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	Предельная полевая влагоемкость первого метра почвы		Предполивная влажность почвы, % от $\beta_{п.п.в.}$
		м <sup>3</sup> /га	% от $\gamma$	
1	2	3	4	5
Супеси	1,38	1880 – 2000	4 – 12	60 – 65
Легкие суглинки	1,40	2200 – 2600	12 – 18	65 – 70
Средние суглинки	1,42	2600 – 2800	18 – 25	70 – 75
Тяжелые суглинки	1,45	2800 – 3200	25 – 30	75 – 80

Например, необходимо определить оросительную норму для культур на супесчаных почвах по формуле А.И. Шарова. Сумма среднесуточных температур за период вегетации по нашим расчетам составила 1866,6 °С. Согласно табл. 7, активные запасы влаги в почве, образующиеся за счет осенних и весенних осадков, для супесчаных почв составляют 1880 – 2000 м<sup>3</sup>/га. Следовательно, величина оросительной нормы составит:

$$M = 2 \cdot 1866,6 - 2000 : 2 = 2733,2 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Обычно оросительная норма принимается по данным опытных зональных станций, государственных сортоучастков и данным существующих питомников (табл. 8).

Таблица 8

Ориентировочные величины оросительных норм в лесных питомниках Уральского региона

Породы	Подзона средней тайги	Подзона южной тайги	Зона широколиственных лесов	Лесостепная зона	Степная зона	
					подзона северных степей	подзона южных степей
1	2	3	4	5	6	7
Ель, сосна, кедр, лиственница. Липа, сирень, бирючина, береза, тополь, ольха, вяз, арония, смородина, облепиха	600	800	920	1300	2520	2430
Ясень, лещина, груша, клен, рябина, кизильник, боярышник, ирга, яблоня	400	500	550	700	1320	1200
Дуб, карагана (акация), каштан, орех	–	–	335	600	600	600

### 3. Определение поливной нормы

*Полivной нормой* ( $m$ ,  $m^3/га$ ) называется объем воды, который требуется подавать на 1 га орошаемой площади за один полив. Она зависит от свойств и строения почвы в зоне аэрации, расчетной глубины увлажнения (мощность корневой системы) и степени иссушения почвы перед поливом и определяется по формуле

$$m = 100 \cdot h \cdot \gamma \cdot (\beta_{ппв} - \beta_{п}),$$

где,  $h$  – слой промачивания, м;

$\gamma$  – объемная масса почвы,  $г/см^3$  или  $т/м^3$ ;

$\beta_{ппв}$  – предельная полевая влагоемкость почвы, % от объемной массы;

$\beta_{п}$  – предполивная влажность почвы, % от объемной массы.

Устанавливая слой промачивания в питомниках, следует учитывать, что увеличение глубины промачивания способствует развитию глубокой корневой системы. При выкопке посадочного материала значительная часть корней подрезается, что при глубокой корневой системе снижает приживаемость посадочного материала на лесокультурной площади или при посадке в школьные отделения питомников. Поэтому в питомниках по выращиванию сеянцев древесно-кустарниковых пород глубина промачивания почвы принимается равной 0,1 – 0,3 м в зависимости от фазы развития и вида растений. В школьных отделениях глубина промачивания увеличивается до 0,4 – 0,5 м; в молодых садах – 0,5 – 0,6 м; в плодоносящих – 0,7 – 1,0 м; в парках и лесонасаждениях – 1,0 – 1,2 м. Однако при глубине грунтовых вод 1-2 м глубина промачивания должна составлять 0,4 – 0,75 м.

Примерные значения объемной массы почвы ( $\gamma$ ), предельной полевой влагоемкости первого метра почвы ( $\beta_{ппв}$ ) и предполивной влажности почвы ( $\beta_{п}$ ) приведены в табл. 7.

Полivная норма для однолетних сеянцев древесных пород в отделении питомника составит:

$$m = 100 \cdot 0,3 \cdot 1,38 (12 - 7,8) = 173,88 \text{ м}^3/\text{га}.$$

По назначению различают промывные, влагозарядковые, предпосевные, вегетационные, освежительные и подкормочные поливы.

В зоне избыточного увлажнения поливы в питомниках требуются только после посева, в фазе развития всходов, перед выкопкой посадочного материала, а также периодически в засушливые периоды и годы. Обычно достаточно 2 – 4 поливов в год.

### 4. Определение расхода воды из каналов оросительной сети для полива питомника

*Расчетные расходы воды из каналов оросительной сети* определяют на основе потребности в воде растений с учетом рельефа местности, характера почвогрунтов и возможностей источника орошения:

$$Q_{\text{нт}} = \frac{f \cdot m \cdot 1000}{86400 \cdot t},$$

где  $Q_{\text{нт}}$  – расход воды (нетто), требуемой для полива (без учета потерь на испарение и фильтрацию), л/с;

$f$  – площадь полива, га;

$m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;

$t$  – продолжительность полива, сут.

Поливы обычно проводятся круглосуточно и продолжаются 1 – 6 суток и более. Например, для полива питомника площадью 10 га в течение 0,5 суток расход воды по каналу составит:

$$Q_{\text{нт}} = \frac{10 \cdot 178,88 \cdot 1000}{86400 \cdot 0,5} = \frac{1788800}{43200} = 41,4 \text{ л/с}.$$

Таким образом, продолжительность полива составляет 0,5 суток.

Расчет параметров оросительных каналов при расходах 20 – 100 л/с аналогичен гидравлическому расчету каналов осушительной сети. При орошении дождевальными установками, забирающими воду из оросителей, расчетные расходы определяют по расходам дождевальных устройств.

## 5. Определение оросительной способности водоисточника

*Оросительная способность водоисточника* ( $\Omega$ , га) определяется по формуле

$$\Omega_{\text{нт}} = \frac{V_{\text{полезн}}}{M_{\text{ср}}^{\text{бр}}},$$

где  $V_{\text{полезн}}$  – полезная емкость водоисточника, м<sup>3</sup>;

$M_{\text{ср}}^{\text{бр}}$  – средняя оросительная норма брутто, м<sup>3</sup>/га.

Средняя оросительная норма брутто зависит от КПД оросительной сети и потерь на испарение во время полива и рассчитывается по формуле

$$M_{\text{ср}}^{\text{бр}} = \frac{M_{\text{ср}}^{\text{нт}} \cdot k_{\text{п}}}{\eta},$$

где  $M_{\text{ср}}^{\text{нт}}$  – средняя оросительная норма нетто, м<sup>3</sup>/га;

$k_{\text{п}}$  – потери на испарение во время полива; для лесной зоны – 1,1; для лесостепной – 1,2;

$\eta$  – КПД оросительной сети; в среднем 0,6 – 0,8.

Средняя оросительная норма нетто определяется по формуле

$$M_{\text{ср}}^{\text{нт}} = \sum a_i M_i^{\text{нт}},$$

где  $a_i$  – доля культуры в севообороте;

$M_i^{\text{нт}}$  – оросительная норма на одно поле, м<sup>3</sup>/га (см. табл. 8).

Например, определим оросительную способность водоисточника полезной емкостью 20 тыс. м<sup>3</sup> в зоне средней тайги при орошении питомника с 3-польным севооборотом: 1-е поле – 2-летние сеянцы ели, 2-е поле – 2-летние сеянцы сосны, 3-е поле – 4-летние саженцы кедра.

$$M_{\text{ср}}^{\text{нт}} = \frac{1}{3}M_1 + \frac{1}{3}M_2 + \frac{1}{3}M_3 = \frac{1}{3}(M_1 + M_2 + M_3) = \\ = \frac{1}{3}(600 + 600 + 600) = 600 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$M_{\text{ср}}^{\text{бр}} = \frac{600 \cdot 1,1}{0,7} = 942,86 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$\Omega^{\text{нт}} = \frac{20000}{942,86} = 21,2 \text{ га.}$$

Таким образом, в заданном районе из пруда можно оросить питомник площадью 21,2 га.

### **Проектирование пруда и плотины в балке. Защитные лесные насаждения вокруг прудов, водоемов, водохранилищ**

#### ***Содержание отчета № 3***

Введение.

1. Выбор места под пруд и плотину.
2. Определение емкости пруда.
3. Водохозяйственный расчет пруда.
4. Выбор и расчет параметров плотины.
5. Поперечное сечение плотины.
6. Проектирование водосбросного сооружения.
7. Проектирование и расчет защитных лесных насаждений вокруг прудов, водоемов, водохранилищ.

#### **Введение**

Во введении определяются понятие, цели и задачи обводнения земель, а также дается краткая характеристика основных искусственных источников воды. После этого описываются физико-географическое положение области, в которой проектируется объект, ее естественно-историческая характеристика, климатические условия, геологическое и геоморфологическое строение, гидрография, почвенный и растительный покров, экономика.

#### **1. Выбор места под пруд и плотину**

При проектировании пруда его располагают недалеко от места потребления воды, а из санитарных соображений – выше населенного пункта с учетом топографических и гидрографических условий и экономических требований. При выборе места необходимо изучить ложе будущего пруда, которое должно отвечать следующим условиям:



1) пруд должен иметь достаточную для его заполнения водой водосборную площадь;

2) продольный уклон балки в зоне пруда должен быть около 0,007, так как при большем уклоне требуется устройство более высокой плотины;

3) крутизна берегов будущего пруда должна быть 30 – 50<sup>0</sup>, так как при крутых берегах возможно их разрушение, а при очень пологих образуется обширная зона мелководья, благоприятная для зарастания и развития малярийных комаров;

4) для уменьшения потерь на фильтрацию воды ложе пруда должно состоять из маловодопроницаемых грунтов (глины, суглинки).

При выборе места под створ плотины учитывают:

- местоположение карьеров для разработки грунтов, используемых при строительстве плотины (желательно, чтобы карьер располагался по рельефу выше плотины и имел пригодный для отсыпки плотины грунт);

- следует предусмотреть возможность надежного и прочного размещения водосбросных и водопропускных сооружений для сброса излишней воды из пруда в обход или через плотину;

- недопустимо иметь при сбросе воды из пруда значительные скорости вдоль верхового откоса плотины;

- надо предусмотреть возможность трассировки полотна дороги по гребню плотины;

- необходимо учесть устойчивость и надежность грунтов у основания плотины;

- нельзя допустить выход грунтовых вод в основание плотины.

Основные требования к земляной плотине сводятся к следующему:

1) для уменьшения объема земляных работ плотину располагают в наиболее узкой части балки (рис. 4);

2) продольная ось плотины должна быть перпендикулярна горизонталям склона;

3) выше плотины не должно быть действующих оврагов, или они должны быть закреплены.

После того, как место под пруд выбрано, проводят изыскания. В первую очередь исследуют грунты на такую глубину, чтобы захватить 1,5–2-метровый водонепроницаемый слой. Для этого устраивают скважины на дне и берегах балки и роют шурфы: не менее 3 по оси будущей плотины, 2 – 3 по оси водослива и 8 – 12 на дне и берегах балки под будущим прудом. По шурфам устанавливают строение и род почвогрунтов, определяют механический состав и водопроницаемость отдельных слоев.

Если в результате исследований будет установлено, что почвогрунты позволяют создать в данном месте пруд, то проводят теодолитную съемку и нивелировку балки. По дну балки прокладывают нивелир-теодолитный ход, с разбивкой пикетов через 50 – 100 м, а также на поворотах. От главного хода через 50 – 100 м разбивают поперечники, на которых также раз-

бывают пикеты через 10 – 50 м в зависимости от рельефа. Нивелировкой захватывают полосу длиной 100 м ниже оси плотины. Главный нивелирный ход заканчивают на берегах балки на 200 м выше предполагаемого зеркала пруда, а поперечники заканчивают на берегах балки на 2 – 3 м выше (по высоте) предполагаемого уровня воды.

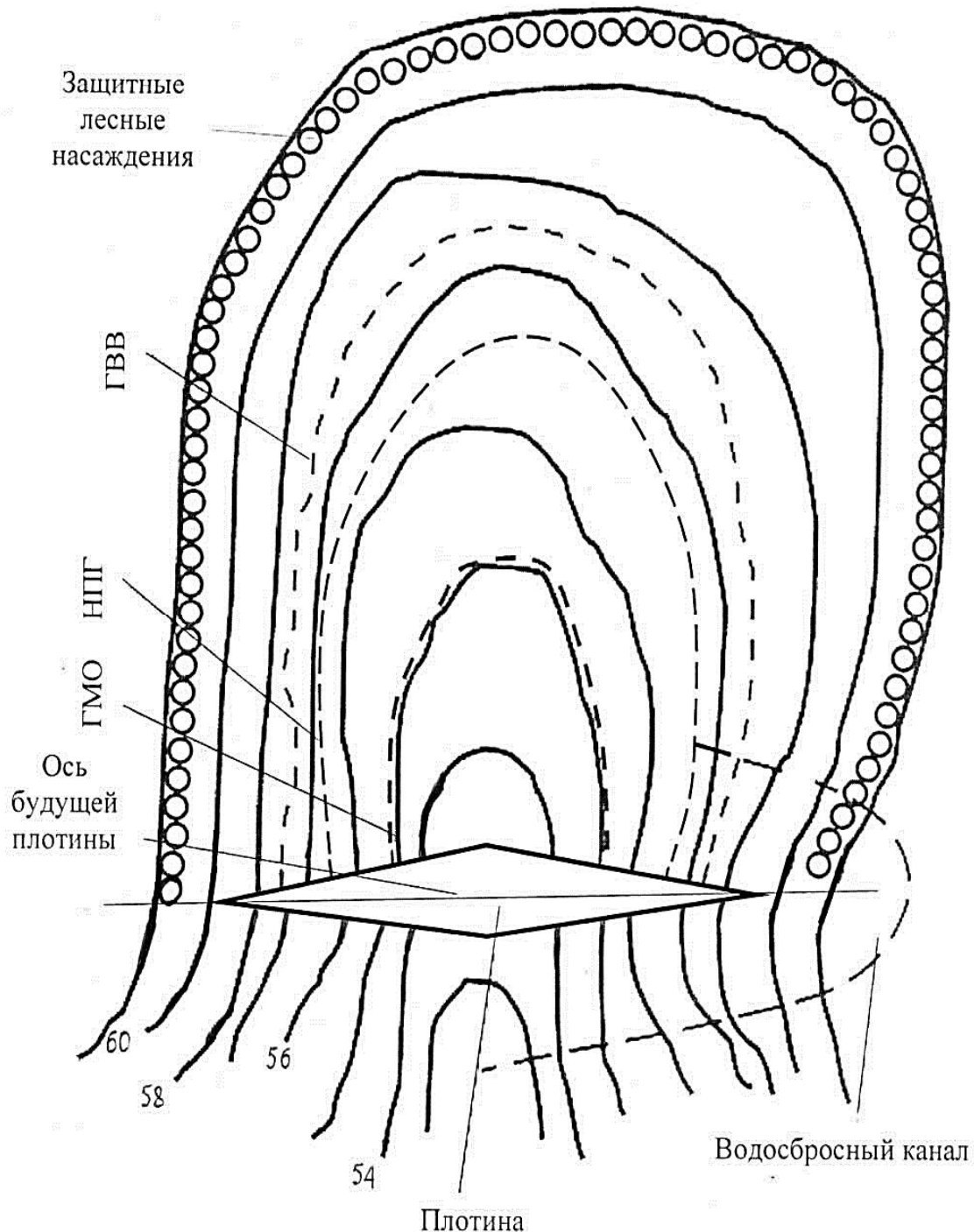


Рис. 4. Проект пруда и плотины

Отдельный ход прокладывают по оси водослива с установкой пикетов через 10 – 20 м и разбивкой поперечников от них длиной 10 м в каждую

сторону. На всех линиях проводят двойную нивелировку. Привязка осуществляется минимум к одному реперу, расположенному вблизи плотины. После этого определяют величину водосборной площади (по карте и в натуре), уточняют площади затопления и подтопления, намечают места для карьеров, выбирают тип плотины и вид водосбросного сооружения, уточняют расчетные модули стока, выявляют древесные породы для посадки пруда, тип крепления откосов.

По материалам изысканий составляют проект пруда и плотины.

## 2. Определение емкости пруда

На плане с горизонталями намечают расположение оси плотины. Место для плотины выбирают по возможности в суженной части балки, чтобы емкость образующегося пруда была возможно больше, а зеркало пруда во избежание лишних потерь на испарение возможно меньше. Если предусматривается орошение питомника, то желательно, чтобы он был расположен ниже пруда, что обеспечит поступление воды на него самотеком без затрат на устройство насосно-силовой установки.

С помощью планиметра (или другим способом) на плане участка в горизонталях вычисляют площадь зеркала пруда для каждой горизонтали плана от намеченной оси плотины вверх по тальвегу. Объем чаши ниже нижней горизонтали определяется по формуле

$$V_{54} = \frac{1}{3} S_{54} \cdot H,$$

где  $H$  – вертикальное расстояние от дна тальвега у плотины до нижней горизонтали (отметка дна пруда у плотины находится интерполяцией, например, 0,4 м);

$S_{54}$  – площадь зеркала, ограниченная нижней горизонталью (54-й).

Остальной объем чаши пруда вычисляют, складывая объемы между каждой парой соседних горизонталей. Для этого находят среднюю площадь соседних горизонталей и умножают на вертикальное расстояние между ними (если горизонтали расположены через 1 м, то и расстояние между ними равно 1 м):

$$V_{54-55} = S_{cp\ 54-55} \cdot H.$$

Полученные результаты сводятся в табл. 9.

По данным табл. 9 строят кривые, характеризующие зависимость объема пруда и площади зеркала воды с отметками горизонталей. Совмещенные на одном графике батиграфические кривые называются *топографической характеристикой пруда* (рис. 5).

Для построения топографической характеристики по вертикальной оси графика (оси ординат) откладывают отметки горизонталей в масштабе, (например 1:50, 1:100), а по горизонтальной (оси абсцисс) – площади (по данным колонки 2) и объемы (по данным колонки 6 таблицы 9) в произвольном масштабе. Топографическая характеристика строится на миллиметровой бумаге форматом А4.

Таблица 9

Определение объемов воды в пруду

Отметки горизонталей	Площадь, ограниченная горизонталью, м <sup>2</sup>	Средняя площадь, м <sup>2</sup>	Толщина слоя воды, м	Объем воды между плоскостями двух смежных горизонталей, м <sup>3</sup>	Объем воды, соответствующий отметке данной горизонтали, м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
54	5439		0,4	725	725
55	9875	7657	1	7657	8382
56	14101	11988	1	11988	20370
57	26210	20155	1	20155	40525
58	34689	30649	1	30649	71174
59	46764	40727	1	40727	111901
60	70225	58494	1	58494	170395
61	80869	75547	1	75547	245942

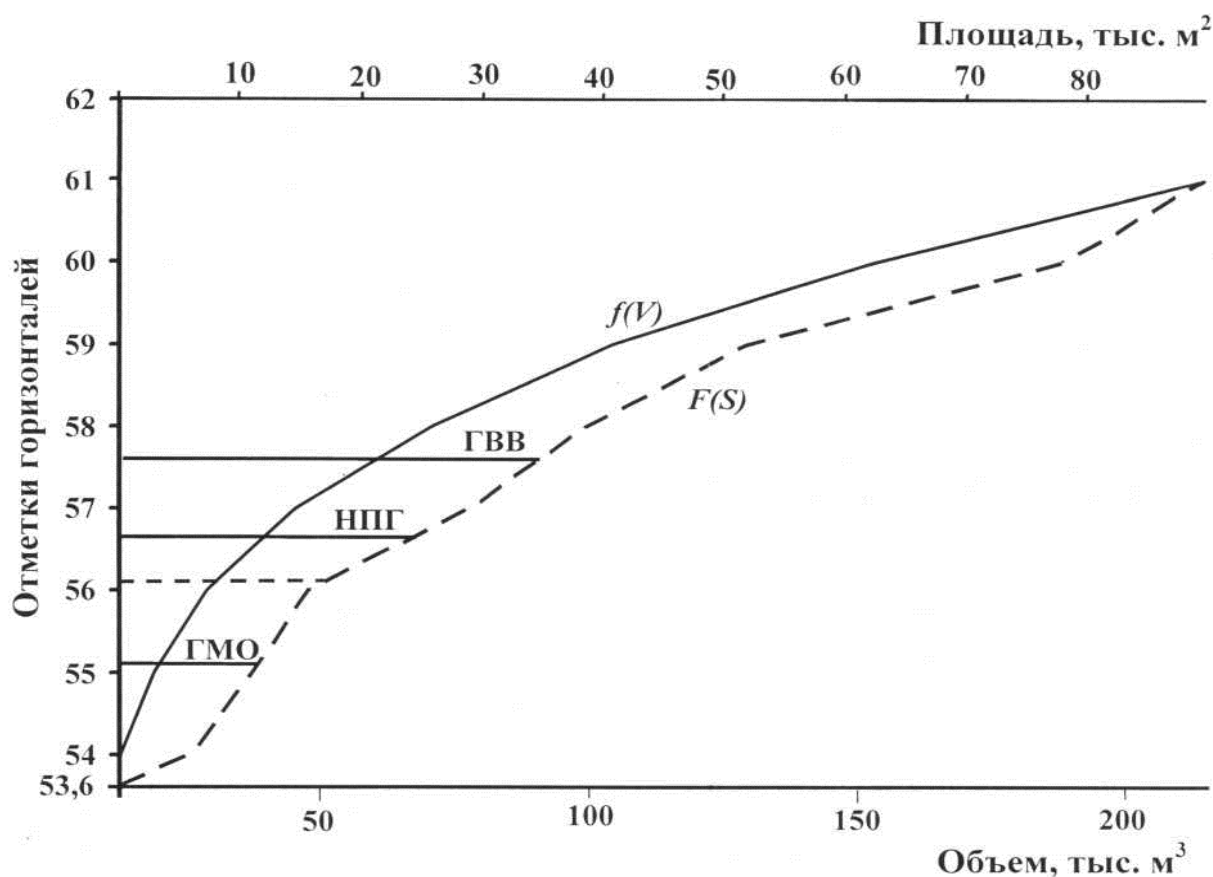


Рис. 5. Топографическая характеристика пруда

### 3. Водохозяйственный расчет пруда

Водохозяйственный расчет пруда включает в себя расчет полезного объема, мертвого объема, объема потерь, резервного объема.

Полезный объем пруда ( $V_{\text{ползн.}}$ ) включает количество воды, которое идет на удовлетворение нужд водоснабжения населенного пункта ( $V_{\text{быт.}}$ ),

орошение питомников ( $V_{орош.}$ ), для противопожарных целей ( $V_{пож.}$ ) и называется *полезной водоотдачей пруда* ( $V_{полезн.}$ , м<sup>3</sup>):

$$V_{полезн.} = V_{орош.} + V_{пож.} + V_{быт.}$$

Например, если пруд проектируется для целей орошения и пожаротушения, то в этом случае

$$V_{полезн.} = V_{орош.} + V_{пож.} = 10000 + 5200 = 15200 \text{ м}^3.$$

Величину *мертвого объема* пруда определяют:

1) по количеству наносов, поступающих в пруд с водосборной площади. По санитарным нормам (в целях уменьшения прогрева воды в летнее время и снижения процессов разложения и гниения растительных и животных остатков) в пруду постоянно должно быть не менее 0,5 – 1,0 м воды;

2) по минимальной толщине слоя воды в пруду при рыборазведении (при разведении зеркального карпа и линя слой воды в пруду должен быть не менее 0,5 м). Так как дно пруда наклонно, то толщина мертвого слоя в наиболее глубоком месте у плотины должна быть 2 – 3,5 м;

3) по глубине промерзания воды (0,5 – 1,5 м); дно пруда не должно промерзать, так как в нем образуются трещины, вызывающие утечку воды из пруда.

При предварительном расчете мертвый объем ( $V_{м.о}$ ) принимается равным 15 % от полезного объема:

$$V_{м.о} = 0,15 \cdot V_{полезн.} = 0,15 \cdot 15200 = 2280 \text{ м}^3.$$

Рассчитанную величину мертвого объема откладывают на топографической характеристике по кривой объемов и определяют глубину воды, соответствующую предварительно рассчитанному мертвому объему. Если глубина воды составит не менее, например 1,5 м (глубина мертвого уровня устанавливается с учетом санитарных требований и целей проектирования пруда), то мертвый объем оставляют вычисленной величиной. Если же глубина меньше принятого уровня, то горизонт мертвого объема устанавливается на уровне 1,5 – 2,0 м. На топографической характеристике указывают уточненную отметку горизонта мертвого объема (ГМО) и определяют величину мертвого объема:

$$V_{м.о} = 10000 \text{ м}^3.$$

Сумма мертвого и полезного объемов составит промежуточную величину — *расчетный объем*:

$$V_{расч.} = 10000 + 15200 = 25200 \text{ м}^3.$$

Расчетный объем откладывают на топографической характеристике и определяют по батиграфической кривой площадь зеркала воды на уровне расчетного объема:  $S_{расч.} = 16200 \text{ м}^2$ .

*Потери воды* из пруда определяют с целью установить, сколько воды можно взять из него для полезного потребления. Вода, накопленная в пруду, не может быть полностью использована для полезных целей, так как

часть ее теряется. При определении объема потерь учитываются потери на испарение, фильтрацию, заиление и льдообразование:

$$V_{\text{потерь}} = V_{\text{исп}} + V_{\text{ф}} + V_{\text{з}} + V_{\text{льд}}.$$

Потери воды на испарение ( $V_{\text{исп}}$ ) с водной поверхности (испаряемость) зависят от температуры воды и воздуха, влажности воздуха и скорости ветра. Слой потерь на испарение можно определить по формуле

$$V_{\text{исп}} = \Pi_{\text{исп}} \cdot \frac{S_{\text{расч}}}{2},$$

где  $\Pi_{\text{исп}}$  – слой воды на испарение принимается для лесной зоны 0,4 – 0,5 м, лесостепной – 0,6, степной – 0,7 – 0,8 м.

$S_{\text{расч}}$  – площадь зеркала воды на горизонте расчетного объема, м<sup>2</sup>.

$$V_{\text{исп}} = 0,5 \frac{16200}{2} = 4050 \text{ м}^3.$$

Потери на испарение при облесении территории вокруг пруда сокращаются на 15 – 20 % вследствие снижения скорости ветра и повышения влажности воздуха в зоне пруда.

Потери на фильтрацию ( $V_{\text{ф}}$ , м<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле

$$V_{\text{ф}} = \Pi_{\text{ф}} \frac{S_{\text{расч.}}}{2}.$$

Фильтрация воды из пруда происходит через тело плотины, в обход нее, под плотиной, через ложе пруда, и величина ее зависит от водопроницаемости и механического состава грунта, формы берегов. Приблизительно слой фильтрационных потерь в год принимается по табл. 10.

Таблица 10

Потери воды на фильтрацию из прудов

Гидрологические условия балки	Величина фильтрации в год	
	слой воды, м	от объема пруда, %
Водонепроницаемые грунты при близком залегании грунтовых вод (хорошие условия)	0,5	5 – 10
Слабоводопроницаемые грунты (средние условия)	0,5 – 1,0	10 – 20
Хорошоводопроницаемые неводоносные грунты (плохие условия)	1,0 – 2,0	20 – 40

Таким образом,  $V_{\text{ф}} = 0,6 \frac{16200}{2} = 4860 \text{ м}^3$ .

Потери воды за счет заиления ( $V_{\text{з}}$ , м<sup>3</sup>) зависят от состояния водосбора, степени его распаханности и облесенности. При облесенном нераспаханном водосборе средний слой заиления ( $\Pi_{\text{з}}$ ) равен 1,7 – 4,0 см в год, при распаханном водосборе заиление может достигать 20 – 22 см в год. С целью уменьшения твердого стока и заиления прудов целесообразно остав-

лать нераспаханную полосу в 20 – 30 м вокруг пруда и проводить облесение берегов балки. Потери на заиливание рассчитывают по формуле

$$V_3 = \Pi_3 \frac{S_{\text{расч}}}{2} = 0,04 \frac{16200}{2} = 324 \text{ м}^3.$$

Потери на льдообразование ( $V_{\text{льд}}$ ,  $\text{м}^3$ ) зависят от климатических факторов. Слой воды на льдообразование ( $\Pi_{\text{льд}}$ ) принимают равным 0,5 – 1,2 м и рассчитывают в том случае, если пруд проектируется для бытовых нужд и водопотребления:

$$V_{\text{льд}} = \Pi_{\text{льд}} \frac{S_{\text{расч}}}{2}.$$

Объемы потерь суммируют:

$$V_{\text{потерь}} = 4050 + 4860 + 324 = 9234 \text{ м}^3.$$

Общий объем воды в пруду составит:

$$V_{\text{НПГ}} = V_{\text{м.о}} + V_{\text{полезн}} + V_{\text{потерь}} = 10000 + 15200 + 9234 = 34434 \text{ м}^3.$$

Найденный объем откладывается на топографической характеристике, уровень воды называют *нормальным подпорным горизонтом (НПГ)*. Это высший подпорный уровень, который плотина может поддерживать в течение длительного времени при нормальной эксплуатации всех сооружений.

По графику определяют площадь зеркала воды на этом горизонте:

$$S_{\text{НПГ}} = 24500 \text{ м}^2.$$

*Резервный (форсировочный) объем.* В результате весеннего снеготаяния, выпадающих длительных ливней с водосборной площади в пруд может поступать большое количество воды. В этом случае объем притока будет превышать расход воды, и вода в пруду может подниматься над НПГ. Объем форсировки (резервный объем), располагающийся выше НПГ, служит для сохранения паводковых вод, пропускаемых через водосбросные сооружения. Наивысший горизонт при пропуске наибольшего весеннего паводка называют максимальным подпорным, или *горизонтом высоких вод (ГВВ)*.

Увеличение отметки ГВВ над НПГ повышает высоту, а, следовательно, стоимость сооружения плотины. Однако при этом снижается стоимость водосбросного сооружения (за счет уменьшения его размеров, рассчитываемых на меньший расход). Уменьшение сбросного расхода объясняется регулирующим влиянием пруда, так как в пруду между НПГ и ГВВ временно задерживается часть объема паводка. При объеме пруда ниже НПГ менее 30 тыс.  $\text{м}^3$  на форсировку целесообразно (экономически) добавлять до 0,5 м; при объеме 30 – 100 тыс.  $\text{м}^3$  – до 1,0 м; при объеме более 100 тыс.  $\text{м}^3$  – до 1,5 м.

Таким образом, полный объем пруда складывается из объема на НПГ и резервного объема. Установив на топографической характеристике уровень (горизонт) высоких вод определяют площадь и объем пруда:

$$\begin{aligned} S_{\text{ГВВ}} &= 34900 \text{ м}^2, \\ V_{\text{ГВВ}} &= 65000 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

#### 4. Выбор и расчет параметров плотины

Для того чтобы правильно запроектировать плотину, необходимо рассчитать ее основные параметры.

Высота плотины рассчитывается с учетом глубины пруда в самом глубоком месте у плотины ( $h_{ГВВ}$ ), запаса на осадку плотины и волнобой:

$$H_{пл} = h_{ГВВ} + h_{волн} + h_{ос},$$

где  $H_{пл}$  – высота плотины, м;

$h_{ГВВ}$  – глубина пруда у плотины на уровне ГВВ, м;

$h_{волн}$  – запас на волнобой, м;

$h_{ос}$  – запас на осадку плотины (5 – 10 % от  $h_{ГВВ}$ ).

Глубина пруда у плотины на уровне ГВВ определяется по топографической характеристике пруда от дна пруда у плотины до ГВВ.

Гребень плотины должен быть выше ГВВ на столько, чтобы волны, поднятые ветром, не набегали на него. Запас на волнобой рассчитывается по формуле Е.А. Замарина:

$$h_{волн} = 0,7 + 0,1 Z = 0,7 + 0,1 \cdot 0,355 = 0,74 \text{ м.}$$

где  $Z$  – длина по оси пруда, км; определяется на плане балки с горизонталями от оси плотины до горизонтали уровня ГВВ.

$$H_{пл} = 4,0 + 0,74 + 0,1 \cdot 4,0 = 5,14 \approx 5,1 \text{ м.}$$

Ширина гребня плотины ( $a$ ) принимается в зависимости от высоты плотины и от того, проезжая ли будет плотина (табл. 11, 12).

Таблица 11

Ширина гребня плотины

Высота плотины, м	Ширина гребня, м
До 6	3 – 4
6 – 10	4 – 5
10 и более	5 – 7

Таблица 12

Ширина гребня плотины для разных категорий дорог

Категория дороги	Дороги общей сети					Сельскохозяйственные дороги	
	I	II	III	IV	V	I группа	II группа
Ширина гребня плотины	27,5	15	12	10	8	8,0	8,0 – 6,5

Гребень плотины делается выпуклым с уклоном 0,03 – 0,05 в обе стороны для стока дождевой и талой воды. Дорожное полотно покрывается асфальтом, мостовой, гравием; вдоль по краям ставят ограждения.

Крутизна откосов плотины характеризуется коэффициентом откоса ( $m$ ). Коэффициент откоса – это отношение заложения откоса ( $l$ ) к высоте плотины ( $H_{пл.}$ ), или  $\text{ctg}\alpha$ , вычисляется по формуле



$$m = \frac{l}{H_{пл}}$$

Коэффициенты откосов зависят от вида грунта и высоты плотины. Мокрый, или верховой, откос делают более пологим, так как он испытывает давление воды и разрушающее действие волнобоя (табл. 13).

Таблица 13

Коэффициенты заложения откосов низконапорных земляных плотин

Грунты	Коэффициенты откосов при высоте плотины		
	до 5 м	5 – 10 м	10 – 12 м
Суглинистые:			
верховой	2,5	2,75	3,0
низовой	1,75	2,0	2,25
Супесчаные:			
верховой	3,0	3,25	3,5
низовой	2,0	2,25	2,5
Песчаные:			
верховой	3,5	3,75	4,0
низовой	2,5	2,75	3,0

*Ширина основания плотины* рассчитывается по формуле

$$A = a + H_{пл} \cdot (m_г + m_н),$$

где  $A$  – ширина основания плотины, м;

$a$  – ширина гребня плотины, м;

$m_г$  – коэффициент верхового (мокрого) откоса;

$m_н$  – коэффициент низового (сухого) откоса;

$H_{пл}$  – высота плотины, м.

Тип земляной плотины выбирается в зависимости от наличия и качества местных грунтов, способов производства работ и залегания водоупора в месте устройства плотины. В лесном и сельском хозяйстве наибольшее распространение получили плотины из однородных грунтов или с противифльтрационными устройствами (рис. 6, 7).

Для однородной плотины наиболее приемлемым грунтом считается средний и тяжелый суглинок. Чистая глина при насыщении водой набухает и оплывает, а при высыхании дает трещины, что приводит к разрушению тела плотины. Песчаные же грунты обладают высокой фильтрационной способностью. Проектируется однородная плотина на маловодопроницаемых (глинистых или суглинистых) грунтах толщиной не менее трех метров.

Фильтрующаяся вода является не только потерей прудовой воды, но она также выносит с собой мелкие частицы грунта из основания, ослабляя его и вызывая оседание низа плотины, образование в ней трещин, что в конечном итоге ведет к разрушению плотины.

В теле плотины противифльтрационные устройства устраивают в виде ядра или экрана. Под плотиной через водопроницаемое ее основание за-

держивают фильтрацию воды такие противофильтрационные устройства, как замок, зуб со шпунтовым рядом, понур (см. рис. 6, 7).

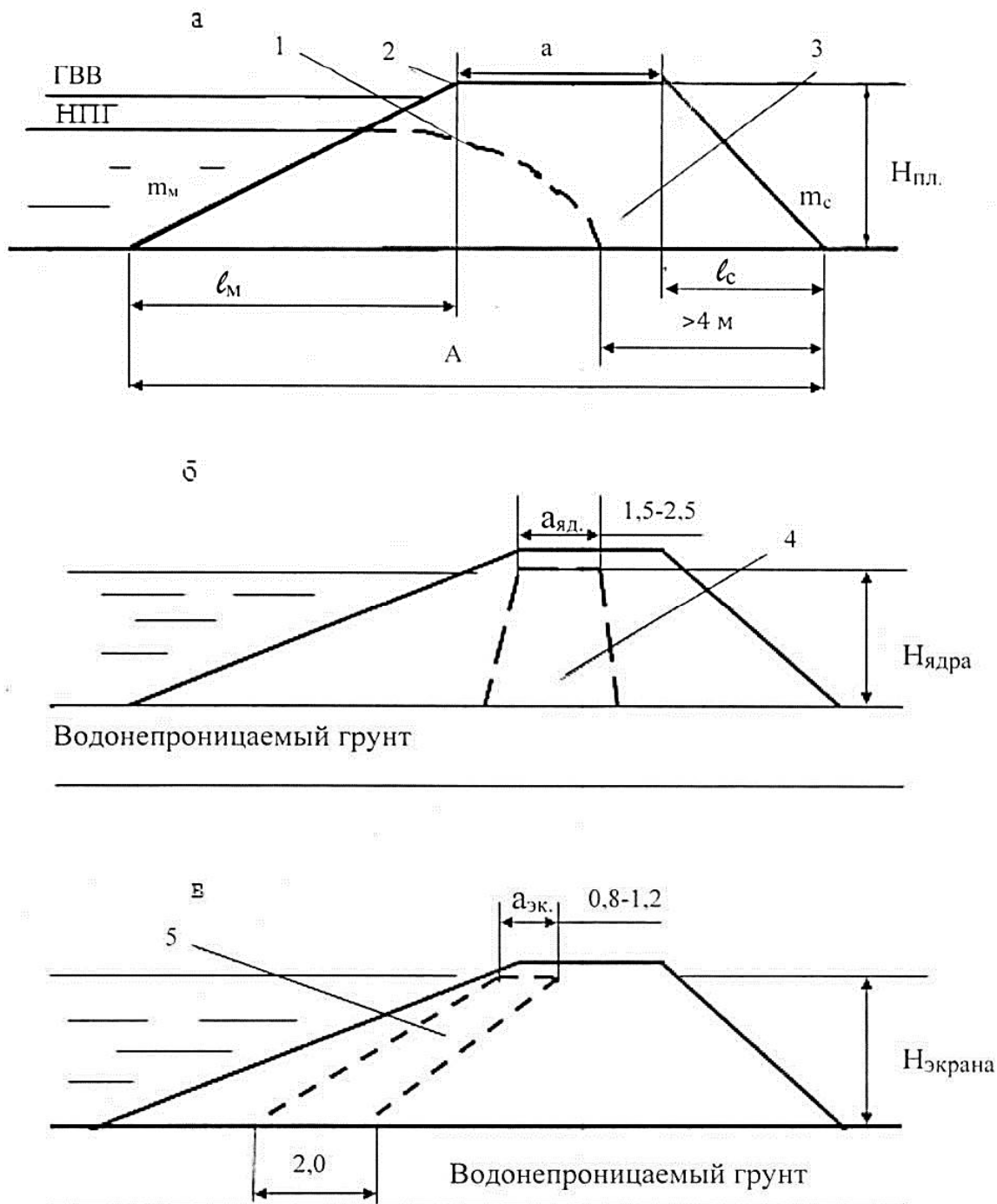


Рис. 6. Типы земляных насыпных плотин:

а – плотина из однородного грунта; б – плотина с ядром; в – плотина с экраном: 1 – кривая депрессии; 2 – бровка; 3 – тело плотины; 4 – ядро; 5 – экран;  
 а – гребень плотины; А – основание плотины;  $H_{пл.}$  – высота плотины;  
 $m_m$  – коэффициент мокрого откоса плотины;  $m_c$  – коэффициент сухого откоса плотины;  $l_m$  – заложение мокрого откоса плотины;  $l_c$  – заложение сухого откоса плотины;  $H_{ядра}$  – высота ядра;  $a_{яд.}$  – гребень ядра;  
 $H_{экрана}$  – высота экрана;  $a_{эк.}$  – гребень экрана

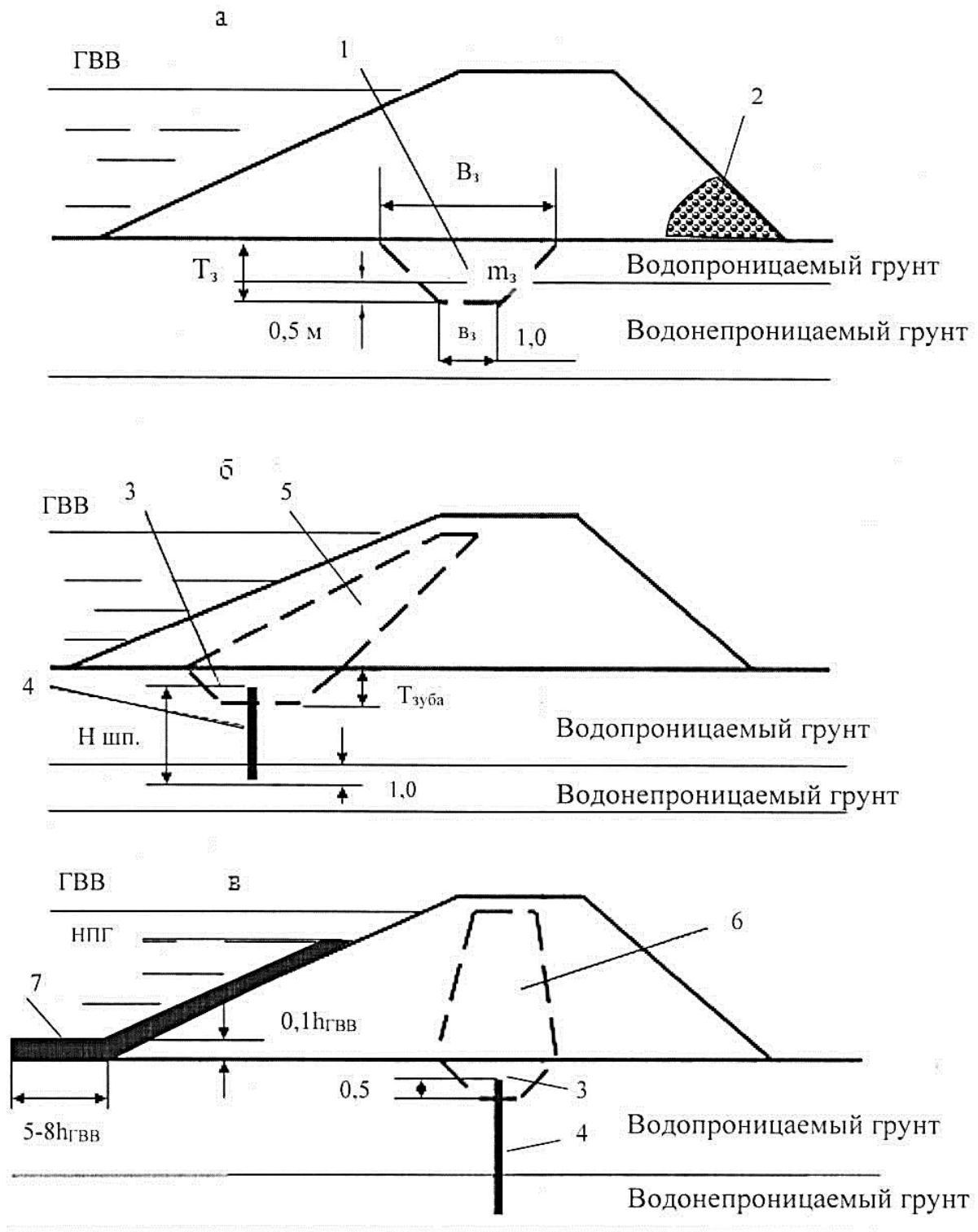


Рис. 7. Типы земляных плотин с противофильтрационными устройствами под плотиной:  
 а – однородная плотина с замком; б – плотина с экраном, зубом и шпунтовым рядом;  
 в – плотина с ядром, зубом и шпунтовым рядом, понуром;  
 1 – замок; 2 – дренаж; 3 – зуб; 4 – шпунтовый ряд; 5 – экран; 6 – ядро;  
 7 – понур;  $B_з$  – ширина по верху замка;  $b_з$  – ширина по дну замка;  
 $m_з$  – коэффициент откоса замка;  $T_з$  – глубина замка;  
 $T_{зуба}$  – глубина зуба;  $H_{шп}$  – высота шпунта

*Ядро* – противофильтрационное устройство в виде насыпи внутри тела плотины из маловодопроницаемых грунтов (глина, тяжелый суглинок). Ядро проектируют для уменьшения фильтрации воды через тело плотины в том случае, если плотина возводится из водопроницаемых грунтов (песчаных, супесчаных, гравелистых). Ядро в форме трапеции располагается внутри плотины по всей ее длине. Верх ядра делается на уровне ГВВ шириной 1,5 – 2,5 м. Крутизна откосов принимается такой, чтобы на каждый метр высоты делалось утолщение ядра на 0,1 м. Например, при высоте плотины 6,0 м заложение откоса следует принять 0,6 м.

*Экран* – противофильтрационное устройство, устраиваемое под верхним откосом из хорошо утрамбованной глины в том случае, если грунт плотины способен размываться. Со стороны пруда экран покрывается слоем 0,7 – 1,0 м гравия или песка. Ширина экрана вверху 0,8 м, внизу – не менее 2 м. Гребень экрана располагается на уровне ГВВ или на 1,0 – 1,2 м ниже гребня плотины. Выбор противофильтрационного устройства под плотиной зависит от водопроницаемости грунтов балки в месте плотины и глубины залегания водоупорного горизонта.

*Замок* – противофильтрационное устройство, устраиваемое под плотиной для уменьшения фильтрации воды, если плотина устраивается на водопроницаемых грунтах, а водоупорный пласт начинается на глубине 3 м. Замок представляет собой траншею трапецеидальной формы, которая прокладывается под всей плотиной и врезается в водоупорный слой на 0,5 – 0,6 м. Ширина по дну ( $b_3$ ) у траншеи принимается 1 м, коэффициенты откосов ( $m_3$ ) – 0,5; 0,75; 1,00. Ширина по верху у траншеи рассчитывается по формуле:  $B_3 = b_3 + 2 \cdot m_3 \cdot T_3$ . Замок заполняется глинистыми или суглинистыми грунтами. Замок располагается под ядром, экраном или от начала гребня плотины.

*Зуб со шпунтовым рядом* – это противофильтрационное устройство под плотиной. Оно проектируется, если плотина возводится на водопроницаемых грунтах мощностью от 3 до 6 м. Выполняется зуб (траншея, аналогичная замку) глубиной 1,5 – 2,0 м и в его дно забивается шпунтовый ряд из толстых бревен, брусьев или досок. Шпунт нижней частью врезается в водоупор на 1 м, верхняя его часть входит в зуб на 0,5 м.

*Понур* устраивается для усиления действия зуба и шпунта, если водоупорный пласт находится на глубине более 6 м. Понур представляет собой слой мягкой глины, который укладывается на дно пруда вдоль подошвы верхнего откоса. Толщину понура принимают около  $0,1h$  ( $h$  – наибольшая глубина воды перед плотиной, м) и располагают его в сторону пруда на расстоянии, равном  $5 - 8h$ .

*Дренаж* чаще проектируется в однородных плотинах для предотвращения выноса частиц грунта с фильтрующейся водой. Дренаж устраивают со стороны сухого откоса путем насыпки слоями толщиной 15 – 20 см мелкого, затем крупного песка, далее укладывают слой щебня или гравия,

затем слой мелких и средних камней. По периферии дренажа укладывают дренажные трубки. Ширина дренажного устройства принимается не менее 1 м, а высота не менее 1/4 – 1/5 высоты плотины.

Примеры выбора типа плотины в зависимости от строительного грунта и грунтов балки приведены в табл. 14.

Таблица 14

Рекомендуемые типы низконапорных земляных плотин и противодиффузионных устройств

Грунты оснований, мощность, м	Строительные грунты, К – коэффициент фильтрации, м/сут.		
	Пески крупно-, средне-, мелко-зернистые, К=1,00 – 0,75	Легкий суглинок, супесь, К=0,05 – 0,7	Средние и тяжелые суглинки, К=0,005 – 0,05
Водо- непроницаемые	Плотина с ядром	Плотина с экраном	Однородная плотина с дренажем и защитным покрытием откосов
Водо- проницаемые, до 3 м	Плотина с ядром и замком	Плотина с замком и экраном	Однородная плотина с замком, дренажем и защитным покрытием откосов
Водо- проницаемые, от 3 до 6 м	Плотина с ядром, зубом и шпунтовым рядом	Плотина с экраном, зубом и шпунтовым рядом	Однородная плотина с зубом, шпунтовым рядом и защитным покрытием откосов
Водо- проницаемые, более 6 м	Плотина с ядром, зубом, шпунтовым рядом и понуром	Плотина с экраном, зубом, шпунтовым рядом и понуром	Однородная плотина с зубом, шпунтовым рядом, понуром и защитным покрытием откосов

### 5. Поперечное сечение плотины

Поперечный профиль плотины является основным чертежом, отражающим конструкцию плотины. На нем указываются вертикальная шкала с отметками высот, все параметры плотины, размеры противодиффузионных устройств и дренажа, если они проектируются, отметки характерных горизонтов воды в пруду (ГМО, НПГ, ГВВ), глубина залегания водопора (см. рис. 6, 7). Чертеж выполняется в масштабе 1:100 (1:200). При построении поперечного профиля для верхового и низового откосов вычисляют заложение откосов. Пунктиром указывается контур плотины после осадки грунта.

На поперечном профиле однородной плотины следует нанести линию депрессии, уклон которой в глинах равен 0,5, в суглинках 0,4, в супесях 0,3. С учетом уклона рассчитывается расстояние от конца кривой депрессии до основания сухого откоса. Чтобы плотина была устойчивой, это расстояние должно быть не менее 4 м. При меньшем расстоянии следует увеличить ширину гребня или устроить сухой откос более пологим.

## 6. Проектирование водосбросного сооружения

В качестве водосброса устраивают открытый водосбросный канал, водослив или водоспуск.

*Канал* используют на небольших прудах для сброса небольших расходов воды. Его прокладывают в коренном берегу балки без укрепления дна и откосов. Иногда для обеспечения устойчивости в нижней части канала делают простейшие быстротокки или ступенчатые перепады. В начале канала устраивают льдозадерживающие сооружения.

*Водослив* устраивают обычно в виде канала с быстротокком или перепадом. Верхняя горизонтальная часть водослива называется понурным полом, наклонная часть – водобойным и нижняя горизонтальная площадка – сливным полом. Противофильтрационную стенку или шпунтовый ряд забивают на глубину 1,5 – 2,0 м. Входная часть понурного пола делается расширенной для рассредоточения потока воды на входе. Водобойный пол заканчивается водобойным колодцем. Выходную часть водослива (сливной пол) делают расширенной.

*Водоспуск* в отличие от водослива и канала устраивают в теле плотины. Он представляет собой камеру с отвесными стенками, закрываемую щитами. Для уменьшения фильтрации и предотвращения размыва под водоспуском поперек камеры забивают один или несколько шпунтовых рядов: первый в начале водосливной камеры, второй под щитом. Пол и стенки водоспуска изготавливают двойными из шпунтовых досок или бетонными. Щиты, закрывающие водоспуск, делают разборными в виде шантар из шпунтовых досок или в виде металлических щитов (затворов), закрепляемых (перемещаемых) в вертикальных пазах. Нижнюю часть водоспуска (дно камеры) располагают на уровне дна пруда, поэтому через водоспуск при необходимости можно спустить всю воду из пруда.

В качестве водосброса используют также *трубы и сифоны*. Трубы для орошения укладывают при строительстве плотины на коренном берегу балки на отметке горизонта мертвого объема (ГМО). Сифоны устраивают из стальных труб, укладываемых через плотину со стороны пруда к основанию сухого откоса. Трубы и сифоны с обеих сторон оборудуют задвижками, а концы и откосы в местах выхода оформляют прочной каменной кладкой. В местах выпуска воды устраивают водобойные колодцы.

Трасса водосбросного канала (продольная ось) проектируется на более пологом склоне балки. Водосбросный канал проектируется таким образом, чтобы дно канала располагалось на уровне НПГ. Канал начинается в 30 – 40 м от плотины и проходит в виде плавной кривой в 20 м от конца плотины. Нижний конец водосбросного канала выводят в основной тальвег балки на расстоянии не менее 50 м от сухого откоса плотины (см. рис. 4). Водослив также проектируется в коренном берегу балки, аналогично водосбросному каналу. Водоспуск проектируется в теле плотины.

## **7. Проектирование и расчет защитных лесных насаждений вокруг прудов, водоемов, водохранилищ**

Облесение прудов и водохранилищ проводят для укрепления берегов от разрушения волнобоем, защиты водоемов от заиления и загрязнения, ослабления испарения с водной поверхности и улучшения санитарно-гигиенических условий на побережье. Защитные насаждения (ЗН) по берегам водохранилищ предупреждают заболачивание пологих берегов, приостанавливают оползневые явления, декоративно оформляют берега, создают благоприятные условия для отдыха людей, улучшают химический состав воды, усиливают ее бактериологические свойства (см. рис. 4).

Выделяют 3 вида прибрежных насаждений в зависимости от их расположения и основного назначения (рис. 8): верхние, средние и нижние.

*Верхние береговые насаждения* выполняют водорегулирующую, почвозащитную, кольматирующую, ветроломную, санитарно-гигиеническую функции и функцию декоративного оформления берегов. Они размещаются на присетевой части склона, выше бровки коренного берега. Ширина устанавливается с учетом длины, величины уклонов, степени эродированности вышележащего склона, высоты и эрозионного состояния коренного берега долины.

Насаждения рассчитываются на максимальное поглощение поверхностного стока. Их ширина для крупных водохранилищ должна составлять 60 – 120 м, для малых – не менее 20 м.

Верхние береговые насаждения должны иметь плотную конструкцию и хорошую подстилку, что обеспечит снегозадержание и водопоглощение. Они должны быть трехъярусными и создаваться по комбинированному типу смешения. Подбор пород и технология выращивания верхних береговых насаждений аналогичны таковым в прибалочных и приовражных полосах.

*Средние береговые насаждения* создаются для защиты от смыва и размыва берегов, предупреждения оползневых явлений, декоративного оформления берегов и хозяйственного использования непроизводительных площадей. Размещаются они на коренных берегах речных долин и уступах террас. На оползневых берегах их ширина устанавливается с учетом облесения всего тела оползня. В связи с тяжелыми лесорастительными условиями этих местоположений и ограниченными возможностями применения механизации некоторые участки берега оставляют под естественным травостоем и кустарничковыми насаждениями.

Ассортимент пород и технология выращивания средних береговых насаждений аналогичны таковым для овражно-балочных насаждений. В ассортимент вводятся декоративные виды и формы, породы с глубокой и хорошо развитой корневой системой, нетребовательные к почвенно-грунтовым условиям, плодово-ягодные культуры (на пологих берегах).

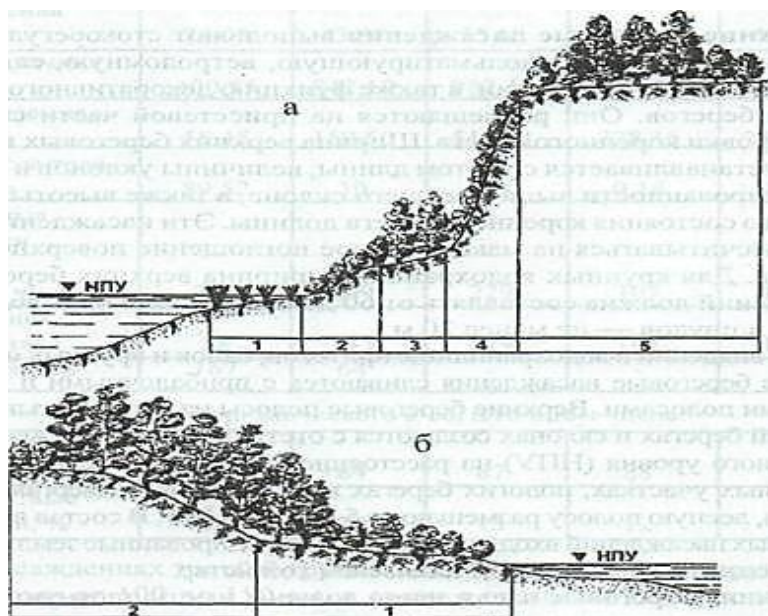


Рис. 8. Схема защитных насаждений по берегам водохранилищ: а – абразионные берега: 1 – тростник, камыш озерный, рис дальневосточный; 2 – кустарниковые ивы; 3 – древесные ивы; 4 – среднее береговое насаждение из кустарников и древесных пород; 5 – верхнее береговое насаждение; б – пологие берега: 1 – кустарниковый пояс; 2 – древесно-кустарниковый пояс

При облесении оползневых участков высаживаются высокоствольные древесные породы, которые хорошо транспирируют влагу, содействуя осушению грунта, дают корневые отпрыски, надежно скрепляющие верхние горизонты почвы (тополь, ива белая, акация белая, лиственница, береза).

*Нижние береговые насаждения* подразделяются на:

- 1) *волноломные*, размещаемые на пляжах абразионных берегов;
- 2) *дренирующие* – на пологих неабразионных берегах, предназначенные для борьбы с их заболачиванием;
- 3) *наносорегулирующие*, создаваемые в верхней части водохранилища для аккумуляции поступающих речных наносов.

Волноломные насаждения погашают надземными частями растений энергию волн прибойного потока и вдоль береговых течений, аккумулируют наносы и скрепляют грунт корневыми системами. Волноломные насаждения должны занимать всю надводную часть пляжа и подводную отмель.

На пологих берегах крутизной 3 – 6° противоабразионные насаждения создаются за 3 – 5 лет до заполнения водохранилища выше и ниже НПУ, после его заполнения – по мере сработки уровня воды (осенью) и по воде. При значительной абразии высоких берегов и небольшой ширине надводного пляжа создание волноломной полосы сочетают с устройством берегозащитных ГТС. Ширина волноломной полосы может составлять 20 – 50 м и зависит от типа берегов, высоты и длины волн, ширины и величины уклона подводной отмели.

При биологическом способе защиты абразионных берегов немаловажную роль играют полуводные растения (камыш, тростник и др.). При создании волноломной полосы вниз по отмели следует разводить полуводную растительность: рис дальневосточный, тростник, камыш озерный. Из



кустарниковых ив хорошо переносят длительное периодическое затопление ивы трехтычинковая, русская, пурпурная, шерстистопобеговая, серая. На подводном пляже используют иву белую, иву ломкую, ольху черную, тополя, облепиху, аморфу и другие породы.

Размещение для кустарниковых ив принимается загущенным – 0,8 (1) х 0,3 (0,2) м и для древесных пород – 2 (2,5) х 1 (1,5) м.

Дренирующие насаждения создаются на переувлажненных почвах в зоне подтопления, их ширина около 30 м. При частичной подготовке почвы в насаждения вводятся ивы древовидные, тополя, ольха черная и другие влаголюбивые породы.

Илозадерживающие (наносорегулирующие) насаждения создают с целью защиты водохранилища от твердых наносов. Поэтому полосы или куртинные насаждения кольматирующего назначения закладываются в пойме выше вершины водохранилища, в устьях впадающих в него балок и оврагов. Рекомендуются наносорегулирующие насаждения сложной формы, с густым подлеском, типа илофильтров.

Схема поперечного профиля системы ЗН вокруг пруда приведена на рис. 9.

*Посадки по откосам земляных плотин* предназначены для охраны плотин от оползней и смыва грунта при волнобое, для защиты их от разрушения при передвижении по ним транспорта и скота. Противоабразионные полосы устраивают из 5 – 6 рядов кустарниковых ив по урезу межени вод и выше по мокрому откосу. Размещение принимается загущенным – 0,5 х 0,5 м, посадка производится в шахматном порядке. По бровкам откосов может быть создана аллея из тополей и древовидных ив.

За сухим откосом в нижнем бьефе обычно наблюдается заболачивание, здесь высаживают дренирующие влаголюбивые породы. Сухой откос плотины засевают многолетними травами между одно-, двухрядными кустарниковыми кулисами через 5 м. Возможно также его облесение кустарниками и древесными породами.

*Припрудовые полосы* по конструкции и назначению соответствуют противоабразионным, средним и верхним береговым полосам. Их создают в количестве одного, двух или трех поясов в зависимости от местных условий. *Первый, волноломный (берегоукрепительный)*, пояс располагают в зоне НПУ, он состоит из 2-3 и более рядов кустарниковых ив.

*Второй (ветроломный, дренирующий)* пояс создают из тополей и древовидных ив между отметками НПГ и ГВВ. Общая ширина насаждений вокруг прудов составляет до 10 – 18 м. В полосах оставляют разрывы для проезда и прогона скота к водоему.

По водопроводящим тальвегам создают кустарниковые илофильтры для кольматажа твердого стока. Ширину их определяют в зависимости от уровня проходящего паводка; длину по главному тальвегу устанавливают не менее 50 м, а по второстепенным – 20 – 50 м.

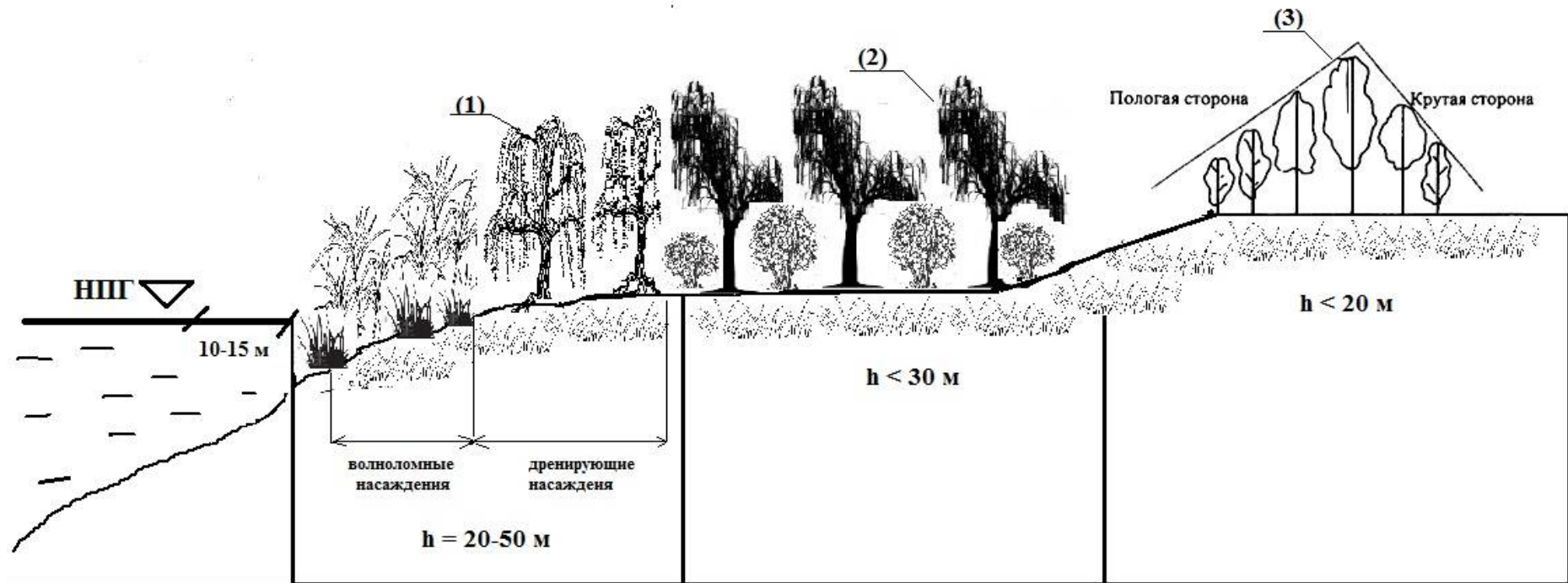


Рис. 9. Схема поперечного профиля системы ЗН вокруг пруда:

- 1 – нижние береговые насаждения;
- 2 – средние береговые насаждения;
- 3 – верхние береговые насаждения.

На мокрых откосах плотин для защиты их от разрушения волнобоем сажают 1-2 ряда кустарниковых ив между отметками НПГ и ГВВ. С целью биологического дренажа на нижнем бьефе проводится посадка древовидных ив и тополей (на протяжении 50 – 100 м) (рис. 10). На участках водохранилищ и прудов, подвергающихся интенсивной абразии, создают ГТС.

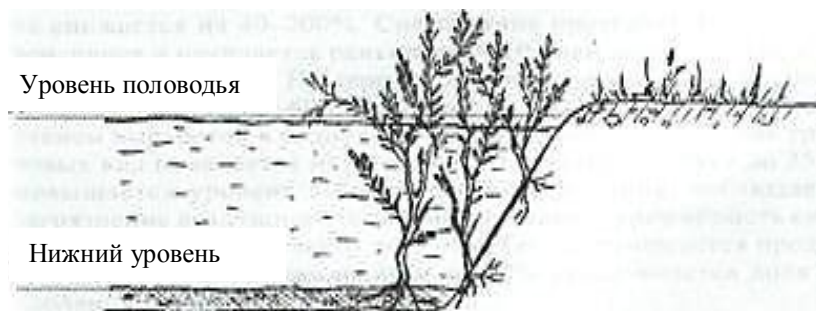


Рис. 10. Инженерно-биологические мероприятия на водоемах с сильным колебанием уровня воды.

## **Мелиорация овражно-балочных систем.**

### **Расчет противоэрозионных ГТС:**

#### **проектирование водозадерживающих валов В.М. Борткевича**

##### ***Содержание отчета № 4***

Введение.

1. Расчет суммарного объема стока.
2. Определение расстояния от вершины оврага до границы сухого откоса вала.
3. Расчет высоты вала.
4. Расчет ширины порога водослива.
5. Поперечное сечение водозадерживающего вала.

##### **Введение**

Во введении должны содержаться следующие сведения:

- понятие об эрозии, причины и факторы эрозии, ее виды;
- понятие гидрографической сети, краткая характеристика ее звеньев;
- понятие оврага, его основных элементов;
- система противоэрозионных мероприятий; противоэрозионные гидротехнические мероприятия.

##### **1. Расчет суммарного объема стока**

Водозадерживающие валы (валы В.М. Борткевича) применяют, главным образом, для приостановки роста оврагов. Их размещают на приовражном участке, по горизонталям выше растущей вершины оврага (рис. 11), а также на водосборной площади с целью задержания стока и защиты склонов водосбора от интенсивных эрозионных процессов.

Параметры водозадерживающих валов (рис. 12) назначаются после гидрологических расчетов по определению объемов и расходов воды с учетом механического состава грунта и топографических особенностей местности.

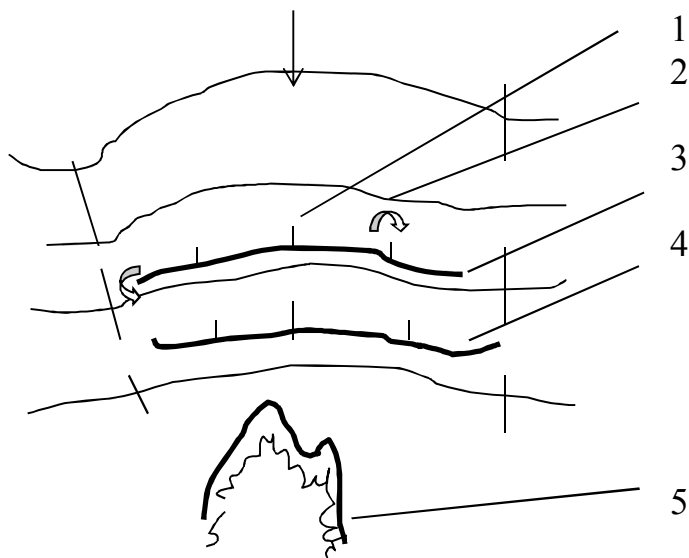


Рис. 11. Размещение водозадерживающих валов у вершины оврага: 1 – глухая перемычка; 2 – открытая перемычка; 3 – открытая шпора; 4 – глухая шпора; 5 – овраг

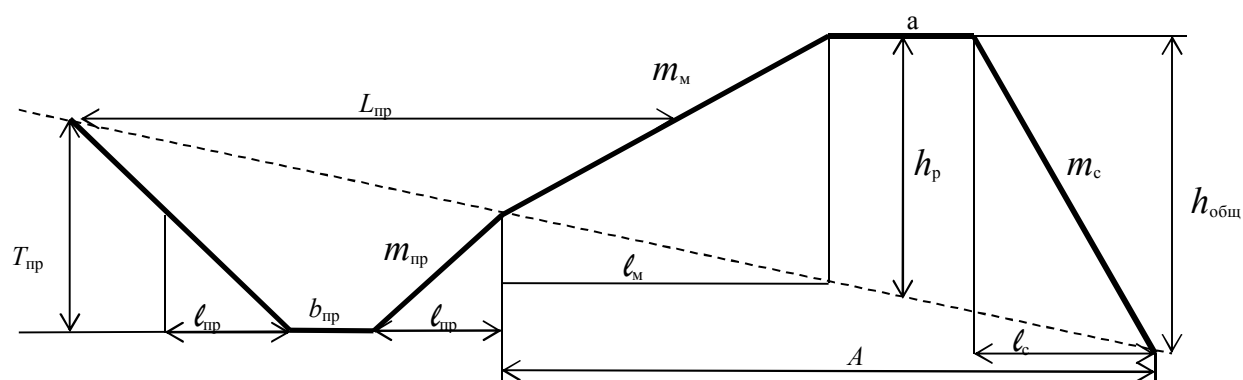


Рис. 12. Поперечное сечение водозадерживающего вала:  
 $A$  – ширина основания вала,  $a$  – ширина гребня вала,  $m_m$  – коэффициент мокрого откоса вала,  $l_m$  – заложение мокрого откоса вала,  
 $l_c$  – заложение сухого откоса вала,  $h_{общ}$  – общая высота вала,  
 $h_p$  – рабочая высота вала,  $L_{пр}$  – длина прудка,  $b_{пр}$  – ширина основания прудка,  $T_{пр}$  – глубина прудка,  $l_{пр}$  – заложение откоса прудка,  
 $m_{пр}$  – коэффициент откоса прудка

В гидрологических расчетах определяют суммарный объем стока ( $W$ ), который должен задержать проектируемый вал. Он равен сумме объема стока воды во время весеннего половодья ( $W_{10\%}$ ) и объема смыва почвы при весеннем снеготаянии ( $W_{см 10\%}$ ) при обеспеченности  $P=10\%$ . Макси-

мальный расход воды во время весеннего половодья ( $Q_{5\%}$ ) рассчитывается на обеспеченность 5 %.

$$W = W_{10\%} + W_{см 10\%}.$$

Например, при максимальном расходе талой воды  $Q_{5\%}=0,051 \text{ м}^3/\text{с}$ , объеме воды  $W_{10\%}=1014 \text{ м}^3$ , объеме смытой почвы  $W_{см 10\%}=2,85 \text{ м}^3$  суммарный объем стока составит:

$$W = 1014 + 2,85 = 1016,85 \text{ м}^3.$$

## 2. Определение расстояния от вершины оврага до границы сухого откоса вала

Расстояние от вершины оврага до границы сухого откоса вала ( $L_B$ ) вычисляют по формуле

$$L_B = 3 h_0 K_3 = 3 \cdot 2,1 \cdot 1,2 = 7,6 \text{ м},$$

где  $h_0$  – высота вершинного перепада оврага, м;

$K_3$  – коэффициент запаса (для лессовых пород – 1,4; для супесей и суглинков – 1,2; для глин – 1,0).

## 3. Расчет высоты вала

Общую высоту вала находят с учетом запаса ( $h_3$ ), который принимают исходя из рабочей высоты вала (если  $h_p < 1,5 \text{ м}$ , то  $h_3 = 0,3 \text{ м}$ ; если  $h_p = 1,6 - 2,0 \text{ м}$ , то  $h_3 = 0,4 \text{ м}$ ; если  $h_p > 2 \text{ м}$ , то  $h_3 = 0,5 \text{ м}$ ).

$$h_{общ} = h_p + h_3 = 1,44 + 0,3 = 1,74 \text{ м}.$$

Рабочую высоту водозадерживающего вала определяют по формуле:

$$h_p = \sqrt{2 i W_{1п.м}} = \sqrt{2 \cdot 0,0524 \cdot 19,94} = 1,44 \text{ м},$$

где  $i$  – уклон в зоне строительства вала (определяется по плану).

Объем стока, который должен задержать 1 погонный метр вала ( $W_{1п.м}$ ), вычисляют по зависимости

$$W_{1п.м} = \frac{W}{l_B} = \frac{1016,85}{51} = 19,94 \text{ м}^3/\text{м}.$$

На плане от вершины оврага откладывают величину  $L_B$  и через полученную точку параллельно горизонталям проводят линию до пересечения с боковыми водоразделами, определяющими поступление воды к вершине оврага. Эта линия соответствует длине водозадерживающего вала (например,  $l_B = 51 \text{ м}$ ).

Валы высотой более 2 м в большей мере подвержены разрушению. В этом случае первый вал принимают высотой 2 м и проектируют второй. Для этого рассчитывается, какой объем стока задерживает первый вал:

$$W_{1п.м} = \frac{h^2}{2 \cdot i}.$$

После этого высоту второго вала определяют на оставшуюся величину стока.

#### 4. Расчет ширины порога водослива

Через 50 – 100 м длины вала проектируются перемычки (глухие или открытые). На концах вала устраивают одну глухую и одну открытую шпоры. В открытой шпоре проектируют водослив, гидравлический расчет которого проводят по основной формуле водослива с определением ширины порога ( $b$ ):

$$b = \frac{Q_{5\%}}{m H \sqrt{2 g H}},$$

где  $m$  – коэффициент расхода водослива, принимается равным 0,3;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$H$  – напор воды на пороге водослива, принимается равным 0,1 – 0,2 м.

Для определения ширины порога водослива можно использовать формулу для водослива прямоугольного сечения с широким порогом:

$$b = \frac{Q_{5\%}}{1,4 H \sqrt{H}} = \frac{0,051}{1,4 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{0,2}} = \frac{0,051}{0,125} = 0,41 \text{ м.}$$

#### 5. Поперечное сечение водозадерживающего вала

Поперечное сечение водозадерживающего вала вычерчивается в масштабе, на миллиметровой бумаге (см. рис. 12). Остальные размеры водозадерживающего вала принимаем следующие: ширина гребня  $a = 2,5$  м (для обеспечения прохода трактора по гребню при уплотнении тела вала при строительстве); коэффициент мокрого откоса вала  $m_m = 2$ ; коэффициент сухого откоса вала  $m_c = 1$ ; шпоры на концах вала устраиваются под углом 100 – 120°; перемычку не предусматриваем, так как длина вала не превышает 100 м.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бабилов Б.В. Гидротехнические мелиорации: учебник для студентов вузов. СПб.: Лань, 2005. 304 с.
2. Капралов А.В., Папулов Е.С., Попов А.С. Лесные мелиорации: метод. указ. к выполнению курсовой работы для студ. очной и заочной форм обуч. / А.В. Капралов, Е.С. Папулов, А.С. Попов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. 25 с.
3. Маевская М.А., Горяева А.В. Гидротехнические мелиорации лесных земель: метод. указ. к выполнению лабораторных работ для студ. очной формы обуч. / М.А. Маевская, А.В. Горяева. Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. 43 с.
4. Матвеева М.А. Гидромелиорация ландшафта: метод. указ. к выполнению курсовой работы по проектированию плотинного пруда для студ. очной и заочной форм обуч. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. 48 с.
5. Маттис Г.Я., Павловский Е.С., Калашников А.Ф. Справочник агролесомелиоратора / Г.Я. Маттис, Е.С. Павловский, А.Ф. Калашников, Л.С. Савельева, И.М. Торохтун, И.Г. Зыков, В.М. Ивонин, И.К. Вербицкий, Е.А. Крюкова, Ф.М. Касьянов, В.М. Трибунская, Н.Ф. Кулик, В.Ю. Щепланов, Н.С. Зюзь, Б.А. Абакумов, А.М. Степанов, С.В. Терехин, В.Н. Хорошавин, Ю.М. Жданов, Д.К. Бабенко, В.Н. Тарасюк. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 248с.
6. Основные положения по гидролесомелиорации / Сост.: В.И. Березин, Г.Б. Великанов, С.Э. Вомперский, Ю.А. Добрынин, А.А. Книзе, В.К. Константинов, Е.Д. Сабо, В.Н. Федорчук. – СПб.: СПбНИИЛХ, 1995. – 59 с. Утверждены Федеральной службой лесного хозяйства России (Приказ № 4 от 10 января 1995 г.).
7. Сабо Е.Д., Иванов Ю.Н., Шатило Д.А. Справочник гидролесомелиоратора / Е.Д. Сабо, Ю.Н. Иванов, Д.А. Шатило. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 200 с.
8. Трещевский И.В., Шаталов В.Г. Лесные мелиорации и зональные системы противоэрозионных мероприятий / И.В. Трещевский, В.Г. Шаталов. Воронеж: изд-во Воронеж. унив-та, 1982. 265 с.
9. Чиндяев А.С. Лесоводственная эффективность осушения болотных лесов Среднего Урала. Екатеринбург: УГЛТА, 1995. 186 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

**Образец титульного листа отчёта**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»**

**Кафедра экологии и природопользования**

**ОТЧЕТ № \_\_\_**

**по практическим занятиям по дисциплине «Инженерная биология»  
на тему «\_\_\_\_\_»**

Выполнил(а): Фамилия И.О.

Направление подготовки:

Курс:

Группа (шифр):

Проверил(а): должность, Фамилия И.О.

Екатеринбург

20\_\_



**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

Расстояние между осушителями базового варианта ( $L_{б.в.}$ , м)  
при расстоянии между осушителями ( $K_{ос}$ ) = 1,00 и установившейся  
глубине осушителя ( $T_{уст}$ ) = 1,0 м

Группа типов леса и лесорастительных условий	Глубина слоя торфа, м	Подстилающий почвогрунт	Расстояние, отвечающее максимальной	
			рентабельности	продуктивности
<b>Низинный (евтрофный) тип заболачивания</b>				
Черноольшанники болотно-травяные, осоковые и таволговые ( $C_{4-5} - D_{4,}$ )	0,3 – 0,6	Глины, суглинки	175	-
		Супеси и пески мелкозернистые	210	-
		Пески средне- и крупнозернистые	230	-
	0,6 – 1,0	Глины, суглинки	190	-
		Супеси и пески мелкозернистые	220	-
		Пески средне- и крупнозернистые	240	-
Более 1,0	Торф	240	-	
Сосняки, ельники, кедровники, лиственничники и смешанные насаждения, болотно-травяные, осоково-сфагновые, ( $C_4 - C_5$ )	0,3 – 0,6	Глины, суглинки	130	65
		Супеси и пески мелкозернистые	145	75
		Пески средне- и крупнозернистые	160	80
	0,6 – 1,0	Глины, суглинки	140	65
		Супеси и пески мелкозернистые	145	70
		Пески средне- и крупнозернистые	150	70
Более 1,0	Торф	150	75	
Безлесные низинные болота ( $C_{4-5}$ )	0,3 – 0,6	Глины, суглинки	95	55
		Супеси и пески мелкозернистые	105	60
		Пески средне- и крупнозернистые	115	65
	Более 1,0	Глины, суглинки	100	50
		Супеси и пески мелкозернистые	105	55
		Пески средне- и крупнозернистые	110	55
Более 1,0	Торф	110	55	

Продолжение Приложения 2

Группа типов леса и лесорастительных условий	Глубина слоя торфа, м	Подстилающий почвогрунт	Расстояние, отвечающее максимальной	
			рентабельности	продуктивности
Переходный (мезотрофный) тип заболачивания				
Сосняки, ельники, кедровники, лиственничники и смешанные насаждения (осоково- и травянисто-сфагновые, В <sub>5</sub> )	0,3 – 0,6	Глины, суглинки	100	50
		Супеси и пески мелкозернистые	110	55
	0,6 – 1,0	Пески средне- и крупнозернистые	120	60
		Глины, суглинки	120	60
		Супеси и пески мелкозернистые	125	65
		Пески средне- и крупнозернистые	130	65
Более 1,0	Торф	120	60	
Ельники, кедровники, лиственничники и смешанные насаждения (долгомошниковые, В <sub>4</sub> )	0,3 – 0,6	Глины, суглинки	100	50
		Супеси и пески мелкозернистые	115	55
	0,6 – 1,0	Пески средне- и крупнозернистые	125	60
		Глины, суглинки	110	55
		Супеси и пески мелкозернистые	120	60
		Пески средне- и крупнозернистые	125	65
Более 1,0	Торф	125	65	
Безлесные переходные болота (В <sub>5-6</sub> )	0,3 – 0,6	Глины, суглинки	75	35
		Супеси и пески мелкозернистые	85	40
	0,6 – 1,0	Пески средне- и крупнозернистые	95	45
		Глины, суглинки	90	40
		Супеси и пески мелкозернистые	95	45
		Пески средне- и крупнозернистые	95	45
Более 1,0	Торф	90	45	

Окончание Приложения 2

Группа типов леса и лесорастительных условий	Глубина слоя торфа, м	Подстилающий почвогрунт	Расстояние, отвечающее максимальной	
			рентабельности	продуктивности
Верховой (олиготрофный) тип заболачивания				
Сосняки сфагновые (А <sub>5</sub> )	0,3 – 0,6	Глины, суглинки	80	45
		Супеси и пески мелкозернистые	100	50
	0,6 – 1,0	Пески средне- и крупнозернистые	110	55
		Глины, суглинки	105	50
		Супеси и пески мелкозернистые	110	55
	Более 1,0	Пески средне- и крупнозернистые	115	55
Торф		110	55	
Соняки долгомошниковые (А <sub>4</sub> )	0,3 – 0,6	Глины, суглинки	130	70
		Супеси и пески мелкозернистые	145	80
Сосна по верховому болоту (А <sub>5</sub> – А <sub>6</sub> )	0,6 – 1,0	Пески средне- и крупнозернистые	160	85
		Глины, суглинки	80	40
	Более 1,0	Супеси и пески мелкозернистые	85	45
		Пески средне- и крупнозернистые	85	45
Безлесные верховые болота пушицево-кустарничково-сфагновые (А <sub>5</sub> – А <sub>6</sub> )	Более 1,0	Торф	60	30

Примечания.

1. При грунтово-напорном типе водного питания расстояние между осушителями уменьшают на 10 – 30 %.
2. При систематическом расположении осушителей расстояние между ними может меняться на ±10 %.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

Поправочные зональные коэффициенты ( $K_{ос}$ ) на базовое расстояние между осушителями

Экономический район, край, республика	$K_{ос}$	Экономический район, край, республика	$K_{ос}$
Россия		<b>КАЛИНИНГРАДСКИЙ РАЙОН</b>	
<b>СЕВЕРНЫЙ РАЙОН</b>		Калининградская обл.	1,09
Архангельская обл.	0,68	<b>ВОЛГО-ВЯТСКИЙ РАЙОН</b>	
южная часть.	0,75	Нижегородская обл.	0,95
Вологодская обл.	0,80	Республика Марий Эл	0,95
западная часть	0,85	Кировская обл.	0,80
северо-восточная часть	0,77	Республика Мордовия	1,00
Мурманская обл.	0,70	Чувашская Республика	1,01
Республика Карелия	0,80	<b>ЦЕНТРОАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫЙ РАЙОН</b>	
северная часть	0,75	Воронежская обл.	1,20
южная часть	0,85	Курская обл.	1,11
средняя часть	0,80	Липецкая обл.	1,13
Республика Коми	0,75	Тамбовская обл.	1,15
<b>СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ РАЙОН</b>		Белгородская обл.	1,20
Ленинградская обл.	0,92	<b>УРАЛЬСКИЙ РАЙОН</b>	
Новгородская обл.	0,90	Курганская обл.	1,00
Псковская обл.	1,00	Оренбургская обл.	1,22
<b>ЦЕНТРАЛЬНЫЙ РАЙОН</b>		Пермский край	0,81
Брянская обл.	1,08	Свердловская обл.	0,89
Владимирская обл.	0,94	Челябинская обл.	0,97
Ивановская обл.	0,91	Республика Удмуртия	0,85
Калужская обл.	1,02	Республика Башкортостан	0,99
Костромская обл.	0,83	<b>ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ РАЙОН</b>	
юго-западная часть	0,85	Алтайский край	0,83
северо-восточная часть	0,80	Кемеровская обл.	0,76
Московская обл.	1,01	Новосибирская обл.	0,78
Орловская обл.	1,05	Омская обл.	0,85
Рязанская обл.	1,04	Томская обл.	0,76
Смоленская обл.	0,99	Тюменская обл.	0,74
Тульская обл.	1,03	южная часть	0,98
Ярославская обл.	0,89	<b>ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ РАЙОН</b>	
<b>ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ РАЙОН</b>		Приморский край	0,72
Красноярский край	0,73	Хабаровский край	0,74
Иркутская обл.	0,74	Амурская обл.	0,75
Забайкальский край	0,71	Камчатский край	0,70
Республика Бурятия	0,72	Магаданская обл.	0,70
Республика Тыва	0,71	Сахалинская обл.	0,74
		Республика Саха (Якутия)	0,71

Примечание. Коэффициенты относятся к геометрическому центру указанных республик, краев, областей; для других частей этих территорий поправочный коэффициент находится путем интерполяции.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 4**

Поправочный коэффициент на базовое расстояние  
между осушителями в зависимости от грунтовых условий  
и установившейся глубины каналов

Т <sub>уст.</sub> ка- на- ла	Минеральный грунт и торф глубиной 0,300 – 60 м, подстилаемый			Торф глубиной 0,60 – 1,00 м, подстилаемый			Торф глубиной более 1,00 м		
	гли- ной и сугл.	легким сугл. и супе- сью	пес- ком	гли- ной и сугл.	легким сугл. и супе- сью	пес- ком	низин- ный	пере- ход- ный	вер- ховой
0,3	0,35	0,44	0,48	0,12	0,13	0,15	0,14	0,13	0,12
0,4	0,46	0,53	0,58	0,25	0,26	0,27	0,27	0,26	0,25
0,5	0,56	0,62	0,68	0,37	0,39	0,41	0,41	0,40	0,39
0,6	0,65	0,70	0,76	0,60	0,52	0,50	0,55	0,54	0,53
0,7	0,75	0,79	0,84	0,65	0,66	0,66	0,67	0,66	0,65
0,8	0,84	1,87	0,90	0,77	0,78	0,78	0,78	0,77	0,76
0,9	0,92	0,94	0,96	0,89	0,90	0,91	0,91	0,90	0,88
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,1	1,05	1,07	1,09	1,07	1,10	1,12	1,07	1,07	1,07
1,2	1,09	1,14	1,17	1,11	1,21	1,22	1,14	1,12	1,11
1,3	1,13	1,21	1,25	1,14	1,29	1,30	1,20	1,17	1,15
1,4	1,16	1,26	1,32	1,17	1,36	1,37	1,23	1,19	1,16
1,5	1,19	1,32	1,39	1,18	1,41	1,45	1,25	1,21	1,17
1,6	1,22	1,37	1,46	1,18	1,47	1,52	1,26	1,22	1,18
1,7	1,25	1,41	1,52	1,19	1,51	1,59	1,27	1,22	1,18
1,8	1,29	1,45	1,58	1,20	1,54	1,66	1,28	1,22	1,18

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Осушение лесных земель.....	4
Расчет оросительных и поливных норм, определение объемов воды на орошение.....	17
Проектирование пруда и плотины в балке. Защитные лесные насаждения вокруг прудов, водоемов, водохранилищ.....	23
Мелиорация овражно-балочных систем. Расчет противозерозионных ГТС: проектирование водозадерживающих валов В.М. Борткевича...	42
Рекомендуемая литература.....	46
Приложение 1.....	47
Приложение 2.....	48
Приложение 3.....	51
Приложение 4.....	52