

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГАУ)  
ФАКУЛЬТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Е.А. Гребенщикова, Н.А. Горбачева

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ

*Учебное пособие*

БЛАГОВЕЩЕНСК,  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
Дальневосточного государственного аграрного университета  
2019

УДК 630.651.78

ББК

Г79

*Рецензент – Юст Наталья Александровна, канд.с.-х.наук,  
заведующий кафедрой лесного хозяйства и лесозащиты,  
ФГОУ ВО Дальневосточный ГАУ*

**Г79 Гребенщикова, Елена Александровна**

Гидротехнические мелиорации : учебное пособие / Е. А. Гребенщикова, Н. А. Горбачева, – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2019. – 156[1] с.

Содержит теоретический и практический материал, глоссарий. Теоретическая часть состоит из следующих разделов: общие сведения о мелиорациях, мелиорация сельскохозяйственных земель, осушительные и оросительные мелиорации; антропогенное воздействие на почву при различных видах мелиорации; понятия о рекультивации земель, этапы рекультивации нарушенных земель и охрана земель. В практической части представлены варианты и рекомендации для их выполнения. В глоссарии представлены основные термины, которые охватывают основные понятия в области мелиорации, охраны природы и других наук, которые широко используются в практической деятельности специалистов сельского хозяйства и мелиорации земель. Предназначено для подготовки бакалавров по направлению 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» при изучении разделов дисциплин: «Природно-техногенные комплексы и основы природообустройства», «Гидротехнические сооружения комплексного и отраслевого назначения», «Мелиорация водосборов» -направления; 20.03.01 «Техносферная безопасность» при изучении разделов «Природно-техногенные процессы и безопасность сооружений», «Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду»; 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» – «Мелиорация и рекультивация земель»; 35.03.01 «Лесное дело» - «Гидротехнические мелиорации»..

Рекомендовано к изданию методическим советом факультета строительства и природообустройства Дальневосточного государственного аграрного университета (Протокол заседания № 5 от 31 января 2019 года).

© Гребенщикова Е.А., Горбачёва Н.А., 2019

© ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, 2019

© Оформление. Изд-во Дальневосточного  
гос. аграрного ун-та, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>1 МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ .....</b>	<b>7</b>
1.1 Общие положения о мелиорации земель .....	7
1.2 Мелиоративные режимы земель. Основные принципы и технические средства регулирования водного, воздушного, теплового и питательного режима почв.....	12
<b>2 МЕЛИОРАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ .....</b>	<b>17</b>
2.1 Характеристика переувлажненных земель .....	17
2.2 Осушительные мелиорации.....	18
2.3 Проектирование схемы осушительной сети .....	24
2.4 Осушение как участник водохозяйственного комплекса .....	35
2.5 Водный баланс переувлажненных земель.....	37
2.6 Охрана окружающей среды при мелиорации сельскохозяйственных земель .....	42
<b>3 ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ.....</b>	<b>45</b>
3.1 Оросительные системы .....	45
3.2 Сооружения на оросительной сети .....	46
3.3 Способы полива .....	48
3.4 Мелиорация засоленных земель .....	50
<b>4 АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОЧВУ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ МЕЛИОРАЦИИ.....</b>	<b>51</b>
<b>5 ПОНЯТИЯ О РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ. ЭТАПЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ.....</b>	<b>55</b>
5.1 Цель и сущность рекультивации земель, классификация нарушенных земель, нарушенные агрогеосистемы .....	55
5.2 Этапы рекультивации земель нарушенных земель .....	56
5.3 Способы рекультивации земель по видам нарушений .....	62

5.4 Рекультивация земель загрязненных нефтью и нефтепродуктами.....	64
<b>6 ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ .....</b>	<b>69</b>
6.1 Система мероприятий по охране земель .....	70
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....</b>	<b>74</b>
1 Гидравлический расчет трапецеидальных каналов.....	74
2 Построение продольного профиля канала .....	82
3 Гидравлический расчет водосливов с широким порогом.....	85
4 Гидравлический расчет сопрягающих сооружений .....	88
5 Проектирование однородной земляной дамбы и подсчет объема земляных работ .....	102
<b>6 РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ .....</b>	<b>109</b>
<b>7 ПРОГНОЗ ВОДНОГО РЕЖИМА ОСУШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ .....</b>	<b>111</b>
<b>ГЛОССАРИЙ .....</b>	<b>116</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>141</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>143</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Жизнь человечества с древнейших времен неразрывно связана с водой. Вода давала человеку питье и еду, морепродукты, обеспечивала транспортные пути, служила местом отдыха и развлечений. Почти все города и другие населенные пункты располагались по берегам рек и озер, морей и океанов. По мере перехода к оседлому образу жизни, перехода от охоты и собирательства к скотоводству и земледелию стали выявляться недостатки натурального природопользования, связанные с водным режимом почв.

Следующим этапом стало улучшение (мелиорация) природных почв, которые при недостатке влаги приходилось увлажнять, а при избытке - осушать.

Все это постепенно приводило к увеличению достатка людей, а вследствие этого - к стремлению сделать жизнь более разнообразной и красивой. Усложнялась архитектура зданий и участков застроек; появились водопровод в качестве источника водоснабжения, искусственные каналы как транспортные пути в дополнение к естественным, бассейны, фонтаны, малые архитектурные формы, напрямую связанные с водой. Из-за возросших требований человека к комфорту и красоте постепенно происходило антропогенное изменение ландшафтов. Имея такое начало, все последующее развитие ландшафта, как правило, было неразрывно связано с тем или иным использованием воды на благо человека (включая водную энергетику) при одновременной защите своей жизни и имущества от стихийных разрушительных сил природы (наводнений, воздействий волн на береговые территории, подтоплений и затоплений подземных частей строений и др.). Не следует забывать и о том, что вода - один из важнейших элементов биосферы.

Многие исследователи отмечают, что система «человек - окружающая среда» стала настолько сложной и все внутренние и внешние связи так многообразны, что локальные непрогнозируемые воздействия на эту систему могут привести к совершенно непредсказуемым результатам.

Это необходимо помнить всегда, когда дело касается гидромелиорации (улучшения условий с помощью изменения водного режима и процессов, связанных с водой).

Основное применение гидромелиорация получила в сельском хозяйстве (по некоторым сведениям - около 8...10 тыс. лет назад), а затем - в лесном хозяйстве. Также применяется в новом строительстве, так и при реставрации памятников истории, культуры, архитектуры.

С точки зрения современного использования можно смело утверждать, что почти в любой зоне естественного увлажнения создать высококачественный газон без дренажа тяжелых или заторфованных почв, без полива в засушливые периоды вегетации, а также без промывки засоленных почв в ряде южных районов практически невозможно. При проведении работ по гидромелиорации необходимо помнить, что часто водные мелиорации бывают наиболее эффективными в сочетании с другими видами мелиорации: лесомелиорацией, фитомелиорацией, агромелиорацией и другие.

В результате изучения материала пособия обучающийся будет знать: теоретические основы регулирования водного режима и обустройства гидротехнических сетей; особенности и специфику производства работ по устройству водных объектов, этапы проведения работ; основные конструктивные элементы, используемые в гидротехническом строительстве на объектах ландшафтной архитектуры, их характеристику; технологию работ по строительству сооружений - водоемов, плотин и др.; основные стоимостные параметры производственных ресурсов для проведения работ на объектах ландшафтной архитектуры.

## **1 МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ**

### **1.1 Общие положения о мелиорации земель**

Мелиорация земель является важной составляющей природообустройства. В отличие от временных мероприятий по улучшению земель (расчистка поверхности, вспашка, удобрения и т. п.) мелиорация приводит к коренному и длительному изменению природных условий.

Государство берет на себя обязательство координировать и контролировать работы по мелиорации, осуществляемые как за счет владельцев, так и за счет местных и федерального бюджетов, что нашло свое отражение в Законе РФ «О мелиорации земель».

Земли по своему назначению подразделяются на:

- земли сельскохозяйственного назначения или сельскохозяйственные земли;
- земли лесного фонда;
- земли обороны.

Исходя из этого, мелиорация земель подразделяется в зависимости от назначения земель: мелиорация сельскохозяйственных земель, мелиорация земель лесного и водного фондов, населенных пунктов [1].

Главная цель мелиорации сельскохозяйственных земель – регулирование водно-воздушного режима почв при переувлажнении и иссушении для обеспечения условий расширенного воспроизводства плодородия почвы и охраны окружающей среды.

Мелиорация существенно изменяет многие природные процессы, например, мелиорация сельскохозяйственных земель сильно изменяет процесс почвообразования, в результате ее применения исчезают одни элементы почвообразования и появляются другие: оглеение, засоление, торфообразование. Мелиорация способна приблизить азональные почвы (пойменные, болотные, засоленные) к зональным, а также существенно модифицировать зональное почвообразование.

Сущность мелиорации заключается в управлении составом почвы и грунтов (увеличение и уменьшение содержания воды, различных химических веществ, тепла); их свойствами (рыхлостью, структурностью, водопроницаемостью, водоудержанием,

емкостью поглощения, кислотностью, теплоемкостью); некоторыми почвенными процессами (засолением, оглеением, лессиванием, накоплением гумуса) [12].

Мелиорация отличается от землепользования глубиной преобразования компонентов геосистем. Мелиорация создает условия для более эффективного (продуктивного) использования земель без изменения их назначения, позволяет изменить назначение их использования в нужном направлении, улучшает социально-экономические условия жизни людей, окультуривает и оздоравливает большие территории.

Мелиорация имеет конкретного заказчика, перед ней ставят определенную цель, это очень дорогое мероприятие, сильно воздействующее на природу. Она призвана повысить, причем существенно, полезность конкретной территории. Поэтому практически надо говорить о мелиорации конкретных земель. Вместе с тем мелиорируемые земли располагаются на геосистемах различного ранга и при осуществлении мелиорации надо следовать принципу целостности. В последнее время ставят задачу обустройства больших территорий: ландшафта, водосбора, куда входят земли разного назначения. Это более сложная задача требует своих подходов.

По отношению к отраслям народного хозяйства и выполняемым задачам выделяют следующие мелиорации: 1) сельскохозяйственные, 2) для лесного хозяйства, 3) водохозяйственные, 4) для энергетики, 5) для нужд рекреации, 6) строительства, 7) транспорта, 8) многоцелевые.

По воздействию на почву и растение различают агротехнические, лесотехнические, химические и гидротехнические мелиорации.

**При агротехнических мелиорациях** повышение плодородия земель достигается правильным выбором вспашки, залужением (посевом трав) крутых склонов, мульчированием почвы (покрытие торфом или измельченной соломой для уменьшения испарения), улучшением лугов и пастбищ, снегозадержанием и другими приемами. Этот вид мелиораций не требует специальных капитальных вложений, так как выполняется обычно при помощи машин и орудий, уже имеющихся в хозяйстве.

**Под лесотехническими мелиорациями** подразумевается улучшение земель посадкой древесной или травянистой растительности. Сюда относится закрепление движущихся песков, облесение крутых склонов и оврагов, создание полезащитных лесных полос, водорегулирующих лесных насаждений, облесение водохранилищ и так далее.

**При химических мелиорациях** для улучшения земель в почву вносят известь (для ликвидации кислотности), гипс, серную кислоту, томасшлаки (для солонцовых почв), фосфоритную муку. Также используют различные гербициды для борьбы с зарастанием мелиоративных каналов и прилегающих полей сорной растительностью, полимерные материалы для снижения фильтрации из водоемов и крупных каналов.

**При гидротехнических мелиорациях** улучшение земель достигается изменением водного режима почвы искусственным орошением, строительством плотин, водохранилищ, оросительных и осушительных каналов, трубопроводов и т.д. В степных районах для задержания весенних талых вод устраивают лиманы, которые существенно повышают урожаи трав и других культур. Лиман – это низкое, затапливаемое весной понижение, огороженное дамбой. Вода стоит в лимане несколько дней, почва насыщается влагой. Затем вода спускается и производится посадка культур. В избыточно увлажненных районах (на Севере) и в низких местах избыток воды отводят осушительными мелиорациями. В предгорных районах в целях борьбы с водной эрозией строят террасы. Для орошения риса и промывки засоленных земель устраивают чеки и дренажную сеть. В засушливых или периодически засушливых районах, а также в умеренно увлажненных районах при возделывании культур, потребляющих много воды (многолетние травы, овощные и технические культуры), возникает потребность в орошении [1].

Таблица 1.1

**Классификация мелиорации**

Типы	Подтипы	Виды
Водные	Осушительные, паводково-регулирующие, оросительные, осушительно-увлажнительные, обводнительные	Осушение болот, заболоченных и переувлажненных земель, борьба с затоплением, подтоплением и паводками, орошение, удобрительное, отопительное польдерное, осушенных земель, регулирование водно-воздушного режима почв, обводнение безводных территорий
Агротехнические	Почвозащитные, почвореконструктивные, культуртехнические, грунтореконструктивные (инженерно-геологические), рекультивационные	Борьба с плоскостной и овражной эрозией, с дефляцией почв, создание почвенного покрова, оптимизация фундаментальных свойств и состава почв (пескование, глинование, торфование), увеличение мощности перегнойного горизонта, планировка поверхности, землеочистка, землеустройство, противомерзлотные, противокарстовые, противооползневые мероприятия, рекультивация карьеров, отвалов и золоотвалов, защита от паводков, ураганов и т. д.)
Лесотехнические	Фитоконструктивные, ландшафтно-защитные	Создание лесополос, сплошное лесонасаждение, фитонцидные (курортные) насаждения, водоохранные и ветрорегулирование, снегорегулирование, берегозащита, борьба с оползнями и обвалами
Климатические	Тепловые Влагораспределительные	Агротепловые, борьба с заморозками, выпреванием и вымерзанием, регулирование снеготаяния, аккумуляция влаги
Снежные	Терморегулирующие	Снегозадержание и снегоуплотнение
Химические	Солеобогачительные	Внесение удобрений, регулирование расхода питательных веществ
	Кислоторегулирующие	Известкование почв, кислотование почв гипсование почв

Наиболее распространены сельскохозяйственные мелиорации, которые осуществляют преобразования неблагоприятных свойств ландшафтов для целей сельского хозяйства, попутно решая социально-экономические и экологические задачи. Это система организационно-хозяйственных и технических мероприятий, направленных на коренное улучшение неблагоприятных природных условий (гидрологических, почвенных, агроклиматических) с целью наиболее эффективного использования земельных ресурсов.

Типы мелиорации выделены по прямому их воздействию на ведущие свойства природных комплексов. К ним относятся водные, земельные, растительные, климатические и т.д.

Подтипы - выделяются по характеру избирательного воздействия на ведущие свойства природного комплекса. Виды - выделяют по конкретному воздействию на процессы и свойства отдельных компонентов природного комплекса.

Применительно к сельскохозяйственным землям можно сказать, что цель их мелиорации заключается в расширенном воспроизводстве плодородия почвы, получении оптимального урожая определенных сельскохозяйственных культур при экономном расходовании всех ресурсов, недопущении или компенсации ущерба природным системам и другим землепользователям.

При мелиорации земель другого назначения главная цель может меняться, но ограничения при выполнении все равно остаются. Цели мелиорации земель могут быть достигнуты только при выполнении определенного целостного набора требований, которым должна удовлетворять система мелиоративных мероприятий, которая называется режимом. Под словом режим нужно понимать не изменение какого-либо показателя, а требования к нему (норму) в разные моменты времени или в различных случаях.

## **1.2 Мелиоративные режимы земель. Основные принципы и технические средства регулирования водного, воздушного, теплового и питательного режима почв**

Применительно к сельскохозяйственным землям мелиоративный режим - это совокупность требований к управляемым факторам почвообразования, роста растений и воздействия на окружающую среду, которые должна обеспечить система мелиоративных мероприятий для достижения поставленной цели [8].

Выбор показателей мелиоративного режима представляет собой сложную задачу, требует глубокого обобщения результатов многолетних исследований в различных природных зонах. Вместе с тем можно сформулировать некоторые общие критерии выбора этих показателей:

- 1) показатели должны поддаваться регулированию доступными при сложившейся технологии мелиорации приемами;
- 2) должно быть хорошо изучено воздействие показателей на плодородие почвы, рост растений и окружающую среду в рассматриваемой природной зоне;
- 3) надо иметь способы количественного прогноза изменения обстановки при тех или иных значениях показателей;
- 4) набор показателей может изменяться по мере развития науки, средств сбора и переработки информации, технологии улучшения земель.

Набор показателей зависит от разновидности мелиораций (водные, химические и т.д.). Применительно к водным мелиорациям набор показателей может быть следующим:

- 1) допустимые пределы регулирования влажности корнеобитаемого слоя почвы;
- 2) допустимые пределы глубин грунтовых вод;
- 3) допустимые направление и величина влагообмена между корнеобитаемым слоем почвы и подстилающим ею слоями или грунтовыми водами;
- 4) допустимое содержание токсичных солей в почвенном растворе, состав и количество поглощенных оснований рН почвенного раствора;
- 5) требуемая динамика запасов гумуса и питательных веществ в почве;

6) предельное значение общей минерализации поливной воды, соотношения в ней ионов натрия и кальция и ее pH;

7) допустимые количество и качество дренажных вод, сбрасываемых в поверхностные водотоки или водоемы [1].

Влажность почвы регулируют поливами. Интервал времени, в течение которого проводят полив, называют поливным периодом, интервал времени от начала первого полива до конца последнего – оросительным периодом, интервал времени между смежными поливами – межполивным периодом.

Поливная норма – количество воды, которое дают сельскохозяйственной культуре за один полив.

Оросительная норма – количество воды, которое дают сельскохозяйственной культуре за весь оросительный период. Оросительная норма равна сумме поливных норм. Поливную и оросительную нормы выражают м<sup>3</sup>/га площади, занятой культурой.

Режим орошения – правильное установление и распределение в вегетационный период количества оросительной воды (число, нормы и сроки полива), обеспечивающего оптимальный для данной культуры водный режим корнеобитаемого слоя почвы при данных конкретных природных и агротехнических условиях.

Различают проектный (расчетный) и эксплуатационный режимы орошения. Проектный режим разрабатывают при проектировании оросительных систем. От него зависят объемы и сроки подачи воды на поля, размеры каналов, трубопроводов и других сооружений, объемы строительных работ и в конечном итоге стоимость оросительной системы. Эксплуатационный режим разрабатывают для уже построенных оросительных систем. Он необходим для оперативного и сезонного планирования водопользования.

По назначению различают увлажнительный режим орошения, обеспечивающий оптимальную для роста и развития растений влажность в активном слое почвы на протяжении всего периода вегетации; увлажнительно-удобрительный (при поливе сточными водами) и увлажнительно-промывной, который предусматривает на засоленных или подверженных вторичному засолению землях создание нисходящих токов воды, для чего применяют повышенную оросительную норму

$$M_{np} = M + M_{нисх}, м^3 / га \quad (1)$$

где  $M$  – увлажнительная оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;

$M_{нисх}$  – добавка к увлажнительной норме для вымывания вредных солей из корнеобитаемого в нижележащие слои почвы (0,25), м<sup>3</sup>/га.

**Таблица 1.2**

**Примерные нормы полива, м<sup>3</sup>/га**

Тип почвы	Слой увлажнения, см		
	0-10	0-20	0-30
Песчаная	60	110	170
Супесчаная	100	150	230
Легкосуглинистая	130	270	360
Среднесуглинистая	170	290	430
Тяжелосуглинистая	190	310	470

По степени реализации режим орошения может быть полным (рассчитан на оптимальное удовлетворение потребности растений в воде и получение наивысших урожаев), ирригационно-возможным (рассчитан на ограниченные водные ресурсы) и хозяйственно-возможным (учитываются трудовые ресурсы, сельскохозяйственные машины, поливная техника и др.). Хозяйственно - возможный поливной режим, особенно при поверхностных способах полива, обычно характеризуется заниженным числом поливов по сравнению с оптимальным режимом, увеличенными нормами и удлиненными межполивными периодами.

Режим осушения – это поддерживаемый мелиоративными мероприятиями благоприятный для растений водно-воздушный режим почвы, который характеризуется такими основными показателями, как аэрация и влажность почвы, допустимая продолжительность затопления почвы, норма осушения, критическая глубина залегания уровней грунтовых вод [1].

*Оптимальная аэрация почвы.* Основной показатель аэрации (А) - свободная порозность, определяемая как разность между пористостью почвы (Р) и ее влажностью ( $\omega$ ).

$$A = P - \omega, \% \quad (2)$$

Оптимальная аэрация составляет 20 – 40% от пористости почвы, то есть 20 – 40 % пор корнеобитаемого слоя почвы должны быть свободны от влаги и заполнены воздухом. При содержании воздуха в почве менее 15 - 20 % газообмен проходит медленно, в

почве не хватает кислорода и вместо разложения органического вещества происходит его брожение, возрастает кислотность почвы, начинается ее оглеение, что ведет к снижению урожаев.

*Оптимальная влажность почвы* изменяется в пределах от 55 – 85 % полной ее влагоемкости (пористости). При любом отклонении влажности от оптимальной растения страдают либо от недостатка, либо от избытка влаги. При оптимальных ее значениях водопотребление растений не лимитируется почвенной влагой, фотосинтез и урожай - максимальные.

При регулируемом поливами водном режиме влажность почвы целесообразно не доводить до уровня завядания, а поддерживать в 50-сантиметровом слое в пределах 70 – 80 % ПВ на легких почвах и торфяниках и 75 – 90 % - на средних почвах (минимальные значения – для овощей, максимальные – для культурных сенокосов и пастбищ).

**Норма осушения.** Оптимальная глубина залегания уровней грунтовых вод соответствует норме осушения, то есть является тем режимом уровней грунтовых вод, при котором обеспечивается получение высокого урожая данной сельскохозяйственной культуры. Его делят на периоды: предпосевной (начало обработки почвы), посевной, летне-осенний, конец вегетации растений [14].

Предпосевные нормы осушения определяются условиями проведения механизированных сельскохозяйственных работ. На минеральных почвах они должны быть не менее 30 – 40 см, на низинном торфянике – 40 – 50 см для трав и зерновых культур и 50 – 60 см для овощных культур. Нормы должны обеспечить необходимую несущую способность почвы для работы машин.

В начале вегетации растений глубина залегания грунтовых вод должна быть не менее 25 – 35 см.

Минимальные значения норм осушения – для культур с мелкой корневой системой и большим водопотреблением; культур, малотребовательных к аэрации и температуре почвы; почв со слабовыраженными капиллярными свойствами, а также для засушливых лет.

Максимальные значения норм осушения соответствуют торфяным, минимальные – песчаным и супесчаным почвам; к югу с увеличением засушливости климата они уменьшаются.

Для основных районов развития осушительных мелиораций нормы осушения во влажные годы на 10 – 30 см больше, а в

засушливые – на 10 – 30 см меньше норм осушения для средних по естественной увлажненности лет.

*Критическая глубина залегания грунтовых вод* – глубина, при которой не происходит засоление почвы. Она больше нормы осушения.

Количественные значения того или иного показателя должны устанавливаться применительно к каждой мелиорируемой территории, не только исходя из имеющегося опыта, но и в результате перебора ряда вариантов (оптимизации), с учетом возможного неодинакового воздействия на растение, почву, окружающую среду. В оценочный критерий отбора наилучшего варианта мелиоративного режима должны включаться не только объем и качество урожая, но также и плодородие почвы, затраты на компенсацию негативных воздействий на окружающую среду, стоимость ресурсов и других затрат.

Поэтому варианты показателей мелиоративного режима должны быть оценены со следующих эколого-экономических позиций:

1) среднемноголетняя прибавка урожая совокупности сельскохозяйственных культур на орошаемом массиве по сравнению с богарой;

2) компенсационные мероприятия по недопущению снижения плодородия почвы: затраты на улучшение солевого режима (промывки, гипсование и т.п.), на поддержание требуемого количества гумуса и питательных веществ;

3) затраты на дренаж, защиту от подтопления соседних земель, штрафы за загрязнение подземных и поверхностных вод или затраты на очистку дренажных вод;

4) объем используемых водных ресурсов, то есть размер оросительных норм;

5) затраты на строительство и эксплуатацию мелиоративной системы, обеспечивающей рассматриваемый вариант показателей мелиоративного режима.

## **2 МЕЛИОРАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ**

### **2.1 Характеристика переувлажненных земель**

Переувлажненные земли, являющиеся объектом осушительной мелиорации, подразделяются на три типа: болота, заболоченные земли и минеральные избыточно увлажненные земли.

Болото - природное образование, представляющее отложение торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью.

Заболоченные земли - увлажненные участки со слоем торфа менее 0,3 м до осушения.

На минеральных избыточных увлажненных землях торф отсутствует.

Минеральные избыточно увлажненные земли подразделяются на постоянно и временно переувлажненные.

Переувлажнение земель и образование болот возникает под воздействием физико-географических факторов (климат, рельеф, гидрологические и гидрогеологические условия местности, литологическое и геологическое строение, поверхностные и грунтовые воды, растительность) и подразделяются на зональные и местные.

За пределами таких земель (зоны избыточного увлажнения) имеется ещё около 30 % земель, переувлажнение которых происходит из-за влияния местных причин. По степени участия подземных вод в водном питании переувлажненных земель выделяются три схемы гидрогеологических условий.

Тип водного питания характеризуется основным источником поступления воды в корнеобитаемый слой почвы, вызывающим его переувлажнение. Основными из них бывают: атмосферный, грунтовый, грунтово-напорный, намывной, смешанный.

Атмосферный тип водного питания наблюдается на участках, расположенных на водоразделах и в верхних частях склонов [16].

Грунтовый тип водного питания отмечается на пониженных элементах рельефа, в замкнутых понижениях и в условиях притока (подъема) фильтрационных вод из рек и водохранилищ.

Он подразделяется на следующие подтипы:

1) грунтовый замкнутый подтип (преобладание осадков над испарением, приток со стороны отсутствует);

грунтовый приток из рек и водохранилищ (наблюдается при поднятии их уровня);

грунтовый приток с водосбора (грунты хорошо проницаемы, площадь водосбора значительно превышает заболоченную).

Напорный тип водного питания отличается тем, что заболоченные земли расположены в понижениях рельефа, а пьезометрический уровень находится выше уровня грунтовых вод.

Намывной тип водного питания вызывается регулярным поступлением на пониженные участки долин или пойменных террас рек аллювиальных или делювиальных вод [16].

Различают два подтипа:

1) намывной аллювиальный (характерен для пойм, затапливаемых паводками);

2) намывной делювиальный (наблюдается в понижениях, сложенных слабопроницаемыми грунтами; прилегающие водосборы характеризуются слабой водопроницаемостью).

Смешанный тип водного питания наблюдается в случаях совместного действия нескольких из названных выше типов.

## **2.2 Осушительные мелиорации**

Метод осушения характеризует основной принцип воздействия на неблагоприятный водный режим переувлажненных земель с целью преобразования его в оптимальный для их хозяйственного использования. Он определяет направленность мелиоративных мероприятий.

Существуют следующие методы осушения:

- ускорение стока воды с поверхности почвы;
- понижение уровня грунтовых вод;
- ограждение осушаемого массива от подтопления и затопления паводковыми водами реки или потоками воды с прилегающих склонов местности и другие.

Способ осушения – это система технических мероприятий, обеспечивающих устранение избыточного увлажнения исходя из

метода осушения и требований хозяйственного использования осушаемых земель [14].

Основные способы осушения:

- открытыми каналами, отводящими поверхностные и грунтовые воды;
- горизонтальным и вертикальным дренажом, отводящим почвенно-грунтовые и частично поверхностные воды;
- вертикальными водопоглощающими колодцами, понижающими уровень грунтовых вод и отводящими воду в нижележащий песчаный слой;
- ловчими каналами или головным дренажом территории, подтопленной потоком грунтовых вод с выше расположенной территории;
- нагорными каналами, отводящими поверхностные воды, стекающие с прилегающих склонов;
- обвалованием земель в целях защиты их от затопления в период паводков.

Осушительная система представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств для регулирования водного режима заболоченных и переувлажненных земель в соответствии с требованиями сельскохозяйственного производства.

В ее состав входят

- осушаемые земли;
- регулирующая сеть каналов или дрен, отводящих поверхностные и грунтовые воды и регулирующих водный и воздушный режимы корнеобитаемого слоя почвы;
- оградяющая сеть, предназначена для перехвата поверхностных и грунтовых вод, поступающих на осушаемую территорию с прилегающих к ней земель;
- проводящая сеть, транспортирующая воду из регулирующей и оградяющей сети за пределы осушаемой территории; водоприемник, принимающий воду с осушаемой территории;
- гидротехнические сооружения;
- дорожная сеть с различными сооружениями;
- водоприемник.

Таблица 2.1

*Методы и способы осушения избыточного увлажнения земель*

Геоморфологические элементы рельефа	Причины избыточного увлажнения		Осушение	
	Основная	Сопутствующая	Метод	Способ
1	2	3	4	5
Водораздельные плато; повышенные плоски равнины; повышенные элементы холмов, грив и верхняя часть склонов, сложенных из слабопроницаемых почвогрунтов	Медленный сток поверхностных вод, образованных атмосферными осадками, выпадающими непосредственно на рассматриваемую территорию	Накопление на ближайшем к поверхности земли водоупорном слое просачивающихся атмосферных осадков	Ускорение поверхностного стока	Систематическая или выборочная сеть закрытых собирателей в сочетании с агромелиоративными мероприятиями (узкозагонная вспашка, грядование и др.).
Низменные равнины; понижения между холмами и гривами; средняя и нижняя части склонов	Приток с прилегающего водосбора склоновых вод	Накопление на ближайшем к поверхности земли водоупорном слое просачивающихся атмосферных осадков и притекающих склоновых вод; медленный сток выпадающих осадков	Регулирование склонового стока	Уменьшение поверхностного стока на водосборе (снегосборные лесные полосы, водозадерживающая обработка почвы); перехват нагорными каналами притекающих склоновых вод; регулирование склонового стока водохранилищами; нагорные защитные валы, задерживающие приток склоновых вод, все перечисленные способы в сочетании с выборочным дренажем или систематическим закрытым дренажем на проницаемых грунтах или с закрытыми собирателями на слабопроницаемых грунтах

*Продолжение табл. 2.1*

1	2	3	4	5
<p>Поймы рек и озер, плавни, займища, плоские тальвеги</p>	<p>Длительное затопление полами и паводковыми водами рек, озер и пересыхающих водотоков</p>	<p>Приток склоновых вод; медленный сток выпадающих атмосферных осадков; высокое стояние грунтовых вод</p>	<p>Регулирование руслового стока и русла реки</p>	<p>Регулирование руслового стока водохранилищами; предохранение мелиорируемой от затопления обвалованием; уменьшение руслового стока переброской части расхода в другие водосборы; намыв на поверхность слоя грунта; уменьшение коэффициента поверхностного стока на водосборе (снегосборные лесные полосы, специальная водозадерживающая обработка почвы); спрямляющие реки, дноуглубление, выправительные сооружения. Все перечисленные способы за исключением намыва на поверхность слоя грунта в сочетании при необходимости с выборочной или систематической закрытой сетью дрена на проницаемых или сетью собирателей на слабо проницаемых грунтах</p>
<p>Все элементы микро-рельефа, кроме пойм</p>	<p>Высокое стояние уровня грунтовых вод, вызываемое накоплением на ближайшем к поверхности земли водоупорном слое просачивающихся поверхностных вод</p>	<p>Медленный сток выпадающих атмосферных осадков; приток с прилегающего водосбора склоновых вод; длительное затопление русловыми водами</p>	<p>Отвод из корнеобитаемого слоя избытков просочившихся поверхностных вод</p>	<p>Систематический или выборочный закрытый дренаж</p>

*Продолжение табл. 2.1*

1	2	3	4	5
Средняя и нижняя части склонов	Переувлажнение корнеобитаемого слоя грунтовыми водами прилегающего водосбора	Медленный сток выпадающих атмосферных осадков; приток с прилегающего водосбора склоновых вод	Перехват поступающих с водосбора грунтовых вод	Совершенная и несовершенная ловчая дрена; завеса из вертикальных дрена; каптаж отдельных родников и подходящих к поверхности потоков грунтовых вод; все перечисленные способы в сочетании с выборочной или систематической сетью закрытого дренажа; устройство нагорных каналов
Низменные равнины, поймы рек и озер, плавни, займища	Подпор притекающих с водосбора грунтовых вод, вызываемый высоким уровнем воды в реках и озерах	Медленный сток выпадающих атмосферных осадков; приток с прилегающего водосбора склоновых вод; длительное затопление полями и паводковыми водами рек и озер	Снижение уровня грунтовых вод	Береговая ловчая дрена с машинным водоотводом в сочетании с выборочной или систематической сетью закрытого дренажа; устройство нагорных каналов
Низменные равнины, поймы рек и озер, займища	Подтопление корнеобитаемого слоя, вызванное подъемом уровня воды в реках и озерах искусственными сооружениями	Медленный сток выпадающих атмосферных осадков; приток с прилегающего водосбора склоновых вод; длительное затопление полями и паводковыми водами; приток с прилегающего водосбора грунтовых вод	Перехват грунтового потока, поступающего из реки (озера) в сочетании с понижением уровня высокостоящих грунтовых вод	Береговая ловчая дрена со сбросом в нижний бьеф машинным водоотводом; завеса из вертикальных дрена; в зоне окончания действия ловчей дрены или завесы устройство систематического или выборочного закрытого дренажа с машинным водоотводом; устройство нагорных каналов

*Продолжение табл. 2.1*

1	2	3	4	5
Притеррасные части речных и озерных пойм	Высокое стояние пьезометрического уровня подземных вод	Длительное затопление полями и паводковыми водами; приток с прилегающего водосбора склоновых вод; медленный сток выпадающих атмосферных осадков; приток с прилегающего водосбора грунтовых вод	Понижение пьезометрического уровня подземных вод в сочетании со снижением в корнеобитаемом слое уровня безнапорных грунтовых вод	Вертикальный дренаж в сочетании с выборочной или систематической сетью горизонтального дренажа; ловчие горизонтальные дрены, пересекающие воронки минерального дна болот, в сочетании с разгрузочными вертикальными дренами, приуроченными к центрам воронок; при неявно выраженных зонах просачивания напорных вод – сгущенный горизонтальный дренаж с глубиной закладки 1,5 – 2 м
Все элементы рельефа	Заращение водоемов	Заиление водоемов	Понижение уровня грунтовых вод, сброс воды из зарастающих озер	Редкая сеть открытых каналов (1 этап); систематический горизонтальный дренаж

Деление осушительной сети на регулируемую и проводящую надо считать условным, так как обе осушительные сети оказывают большое осушительное действие на прилегающую к ней территорию.

### 2.3 Проектирование схемы осушительной сети

В соответствии с выбранным способом осушения на прилагаемом к заданию плане осушаемого участка составляют схему осушительной сети.

Водоприемниками осушительных систем являются естественные или искусственные водотоки, водоемы, овраги, балки и т. п., а также водопроницаемые слои грунтов, подстилающие на некоторой глубине осушаемые территории, в которые отводятся воды с осушаемых земель. Водоприемник осушаемого участка, показанного на плане, отвечает всем требованиям, предъявляемым к нему в отношении урванного режима или пропускной способности.

При проектировании водоприемников предусматриваются следующие защитные и регулирующие мероприятия:

- регулирование стока и уровня воды в водоприемнике путем строительства водохранилищ, прудов, разгрузочных каналов;
- регулирование реки спрямлением, углублением или расширением его русла;
- расчистку дна от растительности;
- ликвидацию побочных русел и искусственных подпоров;
- укрепление русел рек.

Если технически невозможно или экономически нецелесообразно регулировать прием избыточных вод из осушительной сети самотеком, то следует предусматривать их машинную откачку, а также устройство защитных сооружений от затопления со стороны водоприемника. При этом мероприятия по регулированию русел рек производятся в минимальных объемах.

Состав защитных и регулирующих мероприятий устанавливают на основании технико-экономического анализа различных вариантов, учитывающего строительные и эксплуатационные затраты.

Реки, протекающие по заболоченным поймам при большой меандричности русла (коэффициент извилистости 1,5 и более), рекомендуется спрямлять. При этом продольные уклоны определяют, учитывая допустимые скорости на размыв.

Проектирование регулирующих мероприятий проводят с учетом следующих основных положений.

Ось отрегулированного русла в плане должна представлять собой систему плавно сопрягающихся кривых с прямыми вставками между ними. Наименьшая длина вставки между криволинейными участками равна  $2/3$ , где  $B$  - ширина русла по урезу воды при максимальном расчетном расходе.

Радиусы закруглений малых и средних рек-водоприемников с расходом воды более  $5 \text{ м}^3/\text{с}$  определяют по формулам

$$R_0 = \sqrt[3]{B} - B \quad (3)$$

$$R_0 = 100R^{1.5}, \quad (4)$$

где  $R_0$  - радиус закругления, м;

$R$  - гидравлический радиус поперечного сечения при пропуске максимального расчетного расхода, м;

$B$  - ширина русла по урезу воды при пропуске максимального расчетного расхода, м.

При проектировании из радиусов, определенных по этим формулам, следует принимать больший.

Минимальный радиус закругления

$$R_{\min} \approx 10B \quad (5)$$

Трасса водоприемника проектируется по пониженным местам поймы и по более глубокой торфяной залежи. Проектируемая трасса водоприемника не должна пересекать существующие мелкие озера, ее направляют в обход.

Мероприятия по регулированию водоприемников проводятся с учетом дальнейшего их использования в хозяйственных и рекреационных целях (для рыборазведения, водоснабжения, устройства на староречьях искусственных водоемов и др.).

В качестве выправительных сооружений для регулирования русел применяются: продольные дамбы, обеспечивающие

плавный подвод русла к гидротехническим сооружениям; запруды, преграждающие течение воды (полностью или частично) по рукавам и протокам в период межени; полузапруды затопляемые (при высоких уровнях воды) или незатопляемые.

Тип выправительных сооружений определяется, учитывая конкретные условия объекта, т. е. необходимость защиты осушаемых территорий от высоких вод или отдельных сооружений от подмыва, предохранения берегов от размыва, в зависимости от инженерно-геологических и других условий [19].

Расположение водоприемника в плане и вертикальной плоскости увязывается с существующими инженерными коммуникациями и сооружениями (линиями электропередач, надземными и подземными линиями связи, линиями газопроводов, нефтепроводов, водозаборными узлами и др.)

Оградительная осушительная сеть - необходимая часть большинства осушительных систем. Осушаемую территорию ограждают системой открытых напорных или ловчих каналов. Трассируют ее по границе осушаемого участка (со стороны притока поверхностных или грунтовых вод) с минимально допустимым проектными уклонами (из условия незаиления), равными 0,0003 - 0,0005. Для создания участков правильной конфигурации оградительную сеть проектируют прямолинейной или в виде ломаной линии, допуская изменение ( $\pm 0,5$ м) проектной глубины каналов. Нагорные и ловчие каналы впадают в магистральный или другой проводящий канал, а также и непосредственно в водоприемник.

Поперечные сечения открытой оградительной сети в упражнении принимают конструктивно, глубину нагорных каналов 1 - 2 м, ловчих - 2 - 3 м (после усадки и сработки торфа). Коэффициенты заложения откосов открытых нагорных и ловчих каналов рекомендуется принимать численно равными строительной глубине канала с округлением 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 2,75; 3; 4, при этом коэффициент заложения верхового откоса нагорного канала увеличивают на 0,5. Ширину по дну открытых оградительных каналов ( $b$ ) устанавливают в зависимости от параметров строительных механизмов (экскаваторов); обычно  $b = 0,5 - 1$  м (в зависимости от глубины канала). Окончательную глубину нагорных или

ловчих каналов устанавливают только после проектирования регулирующей и проводящей сети.

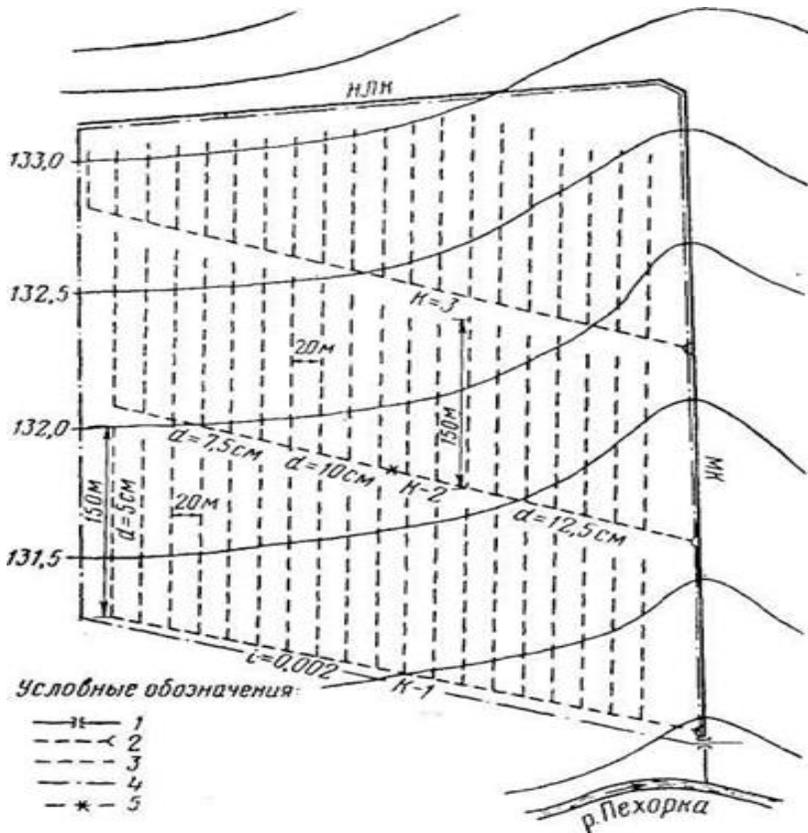
Открытая проводящая сеть: магистральный канал (МК) и открытые коллекторы (ОК). На небольших участках, осушаемых закрытым дренажем, при отсутствии открытых коллекторов закрытые коллекторы (ЗК) впадают непосредственно в магистральный канал или в водоприемник.

Схема проводящей осушительной сети может быть составлена в такой последовательности.

Намечают трассу магистрального канала и трассы открытых и закрытых коллекторов (если они есть). Трассы магистрального канала и коллекторов прокладывают в самых низких местах дневной поверхности или минерального дна болота. Однако следует всегда иметь в виду возможность создания участков обработки правильной конфигурации, поэтому нецелесообразно слишком строго следовать топографии, иначе можно получить неудобные для обработки участки. При трассировании открытых каналов нужно стремиться к правильной организации осушаемой территории, когда создаются оптимальные условия для проведения всего комплекса сельскохозяйственных работ на осушаемом участке.

При спокойном рельефе магистральные каналы и открытые коллекторы располагают так, чтобы закрыть коллекторы и осушители (или собиратели) впадали двух сторон, сокращая до минимума общую длину проводящей сети. При этом желательно сохранять прямолинейность и параллельность трасс магистральных каналов и коллекторов, допуская изменения глубины каналов в пределах  $\pm 0,5$  м. Длину открытых коллекторов более 1,5 км не проектируют.

Форму поперечного сечения принимают трапецеидальную как наиболее простую в строительстве и удобную для крепления. Минимальную ширину по дну гидравлически не рассчитываемых магистральных каналов принимают 0,6 м, а коллекторов – 0,4 м, учитывая конструктивные особенности землеройных машин.



**Рис.2.1. План участка, осушаемого закрытым дренажем (продольная схема):**

1 - канал и мост; 2 - закрытый коллектор и устьевое сооружение;  
 3 - закрытая дрена; 4 - полевая дорога; 5 - место смены диаметра коллектора, НЛК - нагорно-ловчий канал; МК - магистральный канал;  
 К - закрытый коллектор.

Коэффициенты заложения откосов открытых проводящих каналов можно принять 1,5 - 2 (большие значения - для более легких почв и торфов с большей степенью разложения).

Минимальные уклоны дна открытых коллекторов из условия незаиливания принимают 0,0002 - 0,0003, а магистральных каналов - 0,0002.

Закрытые коллекторы устраивают при осушении закрытым дренажем. Их прокладывают в понижениях, обеспечивая по возможности сопряжение с дренами с двух сторон и прямолинейность трасс. Повороты трасс под углом  $< 120^\circ$  не рекомендуются. Оптимальная скорость течения воды в закрытых коллекторах 0,6 - 0,8 м/сек., минимально допустимая - 0,3 м/сек., а максимально допустимая - 1,5 м/сек. При больших скоростях стыки труб укрепляют. Основное требование при проектировании уклонов коллекторов - обеспечение допустимых скоростей течения воды.

В месте соединения закрытого коллектора с открытым каналом обязательно предусматривают и показывают на плане устьевое сооружение.

Закрытую регулирующую сеть (закрытые дрены) укладывают на глубину 1 - 1,3 м (после усадки почвы и сработки торфа). В упражнении примем гончарный дренаж диаметром 50 мм (для очень коротких дрен - 40 мм).

Закрытая проводящая сеть устраивается в виде закрытых дренажных коллекторов, которые подразделяются на следующие виды:

- главный, непосредственно впадает в открытый канал, к нему подключаются три и больше коллекторов последующих порядков;
- коллектор 1-го порядка впадает в открытый канал или главный коллектор, к нему подключены до трех коллекторов последующих порядков;
- коллектор последующего порядка, подключен к коллектору предшествующего порядка и в него впадают дрены;
- транспортирующий коллектор, отводящий воду из колодца-поглотителя, к нему дрены не подключаются;
- водоподающий (питательный) коллектор, подающий воду из водоисточника в верховья дрен для увлажнения корнеобитаемого слоя почвы.

По конструкции стыков коллекторы делят на фильтрующие и глухие, у последних стыки замоноличены или защищены муфтами.

Для устройства закрытой проводящей сети применяют: трубы керамические дренажные диаметром 75...250 мм; трубы и

муфты асбестоцементные для безнапорных трубопроводов - 100...400 мм; керамические канализационные - 150...600 мм; трубы из полимерных материалов - 75...125 мм.

Трубы железобетонные безнапорные диаметром 200...1400 мм и бетонные - 200...300 мм применяются в соответствии с номенклатурой унифицированных сборных железобетонных изделий. Бетонные и железобетонные трубы не применяют без специальной изоляции в следующих случаях; на торфяных грунтах; в кислых почвах ( $\text{pH} < 5$ ); при агрессивных к бетону грунтовых водах, если они содержат более 0,2 % сернистых соединений ( $\text{SO}_4$ ) и более 2,0 % соединений магния ( $\text{MgO}$ ). В качестве изоляции предусматривают битумизацию труб внутри и снаружи.

Минимальный диаметр закрытых коллекторов для гончарных и пластмассовых труб - 75 мм.

Закрытая регулирующая собирательная и ограждающая сеть посредством закрытых коллекторов различных порядков объединяется в дренажную систему, которая отводит воду через одно устье в открытый канал.

Проектируя подобные сети необходимо максимально увеличивать площадь дренажной системы, а коллекторы устраивать из труб большего диаметра.

Коллекторы больших диаметров (более 200 мм) вместо открытых проводящих каналов рекомендуется строить при таких условиях:

- 1) если открытые каналы с водосборной площадью до 500 га пересекают осушаемую площадь на участки, неудобные для сельскохозяйственного использования;

- 2) если строительство каналов связано с применением креплений или перепадов, стоимость которых близка к стоимости закрытого коллектора;

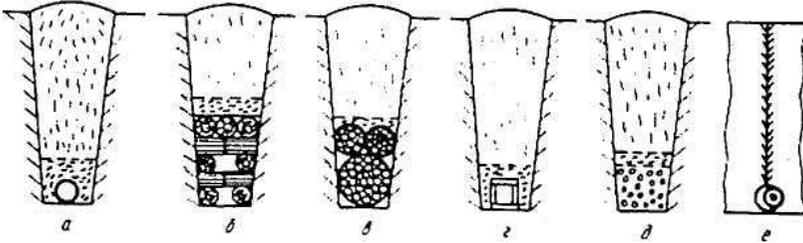
- 3) открытые каналы препятствуют применению современной дождевальной техники;

- 4) если открытые каналы необходимо прокладывать по застроенной территории.

При проектировании дренажных систем, особенно на площадях с развитым микрорельефом, необходимо предусматривать

мероприятия по организации поверхностного стока. Участки дренажной системы должны быть несложной конфигурации и размещаться на землях одного землепользователя.

Дрены выполняют в виде водопоглощающих линейных трубчатых полостей, располагающихся на определенной глубине с уклоном для обеспечения отвода воды [8].



**Рис.2.2. Виды дренажа:**

*а - гончарный; б - жердяной; в - фашинный;  
г - деревянный трубчатый; д - каменный; е – кротовый*

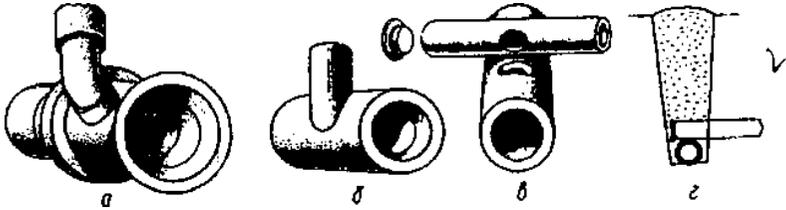
Размещая коллекторы в плане, следует прокладывать их по пониженным местам поверхности, а на болотах - по наиболее низким отметкам минерального дна, в направлении наибольшего уклона, обеспечивая тем двустороннее подключение дрен. Они должны иметь наименьшее число поворотов и должны быть проложены по кратчайшему пути до водоприемника.

Уклон коллектора назначают один по всей длине или увеличивающийся вниз по течению. Длина каждого участка должна быть наибольшей, а количество самих участков с разными уклонами - наименьшее.

Предварительно минимальный уклон принимается для коллекторов: диаметром 75...125 мм - 0,002...0,0015; 150...200 - 0,001. 0,0009; более 250 мм - не менее 0,0005. В плавунках, песчаных и пылеватых грунтах минимальные уклоны принимаются для коллекторов: диаметром 75...100 мм - 0,0035; 125 - 0,003; 150 - 0,0025; для большего диаметра - 0,002. Окончательно уклон определяется гидравлическим расчетом.

Не допускается сопряжение закрытой регулирующей сети коллекторами диаметром более 200 мм. Коллекторы больших диаметров предусматриваются лишь как проводящие, подсоединены к ним регулирующих дрен осуществляется с помощью вспомогательных коллекторов.

Существует несколько способов сопряжения (рис. 2.3).



**Рис. 2.3. Способы сопряжения дрен и коллекторов:**

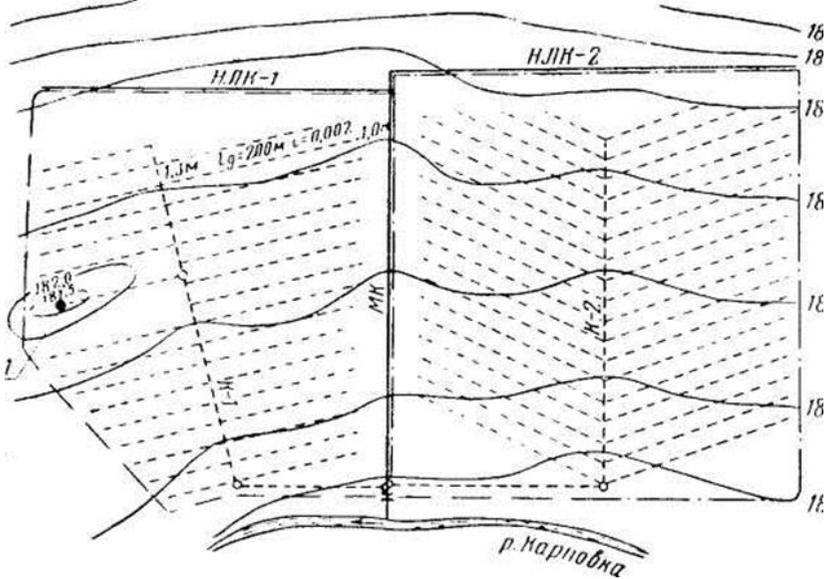
*а, б, в – приспособления для сопряжения; г – общий вид сопряжения*

Расстояние между дренажными коллекторами определяется условиями впадения в них дрен, максимальная длина которых до 200 м. Минимальный уклон дрен - 0,002.

При выборе продольной (рис. 2.4) или поперечной (рис. 2.5) схемы регулирующей сети необходимо стремиться к обеспечению оптимальных или минимальных уклонов ее, максимально используя естественный уклон дневной поверхности. Минимальные уклоны гончарных дрен 0,002 - 0,003. В грунтах, содержащих железистые и сернистые соединения, и в пловунах уклоны дрен должны быть не менее 0,005. При этом следует учитывать, что закрытые дрены (открытые регулирующие каналы) должны сопрягаться с коллекторами под углом близким к прямому, но не менее 60°.

Максимально допустимые длины гончарных дрен (осушителей и собирателей) 100 - 200 м при уклоне менее 0,005 и 200 - 300 м при уклонах более 0,005. При искусственных уклонах дрен (то есть когда уклон дневной поверхности меньше минимально допустимых уклонов дрен и дрены заглубляют к устью, создавая требуемый уклон, как это показано на рисунке 2.4 для дрен коллектора № 1) и при осушении торфяных почв с железистыми соединениями (более 2 мг/л), грунтов сернистыми соединениями,

пльвунув, лессовидных сильнопылеватых грунтов, мест выклинивания родников принимают меньшие длины дрен.



**Рис.2.4. План участка, осушаемого закрытым дренажем (поперечная схема):**

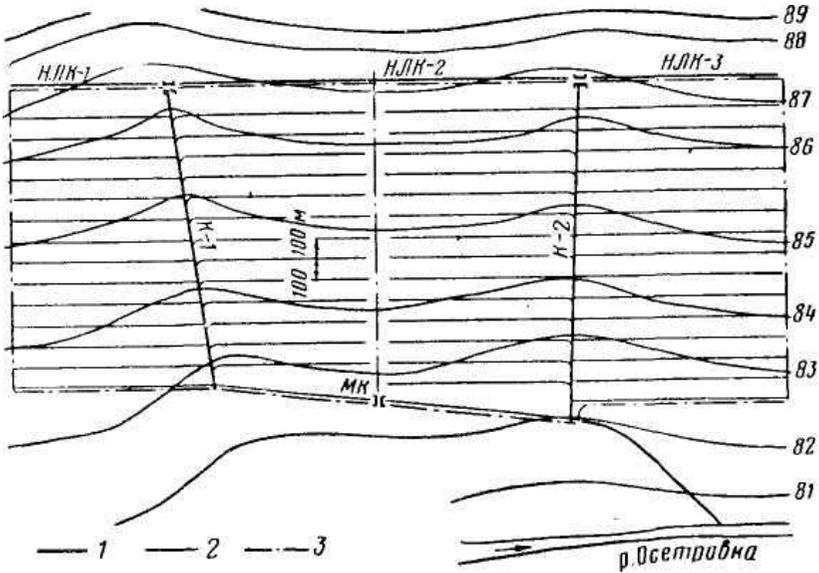
1 - дюкер (остальные обозначения те же, что и на рисунке 2.1)

Открытую регулирующую сеть (систематические открытые регулирующие осушительные каналы), если позволяет рельеф, располагают параллельно друг другу и увязывают с границами землепользования и полей севооборота. Регулирующие каналы с коллекторами сопрягают под углом, близким к прямому, но не менее  $60^\circ$ .

Открытые регулирующие каналы, как правило, располагают по поперечной схеме (рис. 2.5), при которой полнее перехватывается и удаляется поверхностный сток. Сеть редких глубоких каналов можно трассировать и по продольной схеме.

На пойме открытую регулирующую сеть располагают вдоль направления движения потока паводковых вод, то есть вдоль поймы (во избежание заилиения каналов).

Длину открытых регулирующих каналов принимают 500 - 1000 м; при ровном рельефе допускается увеличение до 1500 м. Расстояния между открытыми каналами регулирующей сети (на сенокосах) при безнапорном режиме грунтовых вод можно определить по таблице 2.2.



**Рис.2.5. План участка, осушаемого открытыми каналами:**  
 1- проводящие и оградительные каналы; 2 - регулирующие каналы;  
 3 - полевые дороги

При напорном режиме грунтовых вод указанные в таблице 2.2 расстояния уменьшают на 25 – 50 %.

Уклоны каналов регулирующей осушительной сети принимают, как правило, не менее 0,0005 (на ровной малоуклонной поверхности допускается уменьшение уклонов каналов до 0,0003), а форму поперечного сечения трапецидальную. Коэффициенты заложения откосов берут равными 1 - 1,5. Открытые регулирующие каналы (как и закрытые дрены) гидравлически не рассчитывают. Глубину их делают от 0,9 до 1,2 м, а ширину по дну от 0,2 до 0,4 м, которую определяют габаритами рабочих органов землеройных машин.

Таблица 2.2

*Расстояние между открытыми осушительными каналами регулирующей сети, м*

Почво-грунты	Уклоны поверхности осушаемой территории					
	0,0002 и ме- нее	0,00 05	0,00 1	0,00 2	0,00 3	0,005 и бо- лее
Глина и тяжелый суглинок, бесструктурные, маловодопроницаемые	50	55	60	65	70	75
То же, агрегированные водопроницаемые (зернистая пойма)	100-200 независимо от уклона					
Суглинок средний	75	80	85	90	95	100
Суглинок легкий	100	105	110	115	120	125
Супесь	125-150 независимо от уклона					
Песок	200-400 независимо от уклона					
Торф низинный	100-150 независимо от уклона					

## 2.4 Осушение как участник водохозяйственного комплекса

В среднем по стране каждый осушаемый гектар дает продукции в 1,5 раза больше, чем не мелиорированный (орошаемый в 5,8 раза больше).

Особый упор сейчас делают на повышение эффективности использования осушаемых земель и сокращение сроков получения на этих землях проектной урожайности. Это может быть достигнуто регулированием водного и питательного режимов. Рациональное расходование воды необходимо даже в тех зонах, где за вегетацию сумма осадков превышает испарение.

Одним из способов, реализующих рациональное использование водных ресурсов, в осушении является создание польдерных осушительных систем в поймах рек, которые позволяют рационально использовать как поверхностные, так и грунтовые воды.

В то же время развитие агромелиоративной обработки осушенных полей, в том числе глубокое рыхление с окультуриванием подпочвенного слоя и кротованием, а также все большее внесение удобрений на осушаемых землях, тем более в условиях дождевания, приводят к интенсификации выноса питательных веществ и загрязнению рек-водоприемников.

Поэтому осушительные мелиорации как участника водохозяйственного комплекса (ВКХ) можно рассматривать в нескольких аспектах:

1) при осушении происходит сработка «вековых» запасов грунтовых вод. И на некоторое время (до 7 лет) сток рек-водоприемников увеличивается. Расходы летней межени возрастают в 1,5...2 раза. Осушение, трансформируя режим стока, влияет определенным образом на водные ресурсы.

2) в зоне неустойчивого увлажнения осушаемые земли необходимо в засушливые периоды увлажнять с помощью подъема грунтовых вод или орошения дождеванием. Это переводит осушительные системы в категорию осушительно-увлажнительных или осушительно-оросительных и делает их в составе ВКХ водопотребителями.

3) интенсивные способы земледелия, глубокое рыхление, кротование, а также значительные дозы внесения минеральных удобрений (более 100 кг/га д. в. азота) превращают осушительные системы в источник загрязнения рек-водоприемников, так как водоотведение может составить 30...50 % водопадачи (осадки + оросительные нормы).

4) осушение земель с грунтовым типом водного питания снижает уровень грунтовых вод не только на осушаемой территории, но и на прилегающих землях. Таким образом, осушение влияет на экологию сопряженных биогеоценозов.

Рациональное использование водных ресурсов при осушении.

Для комплексного решения водохозяйственных проблем при осушительных мелиорациях необходимо:

1. Создавать системы, позволяющие регулировать сток с осушаемых территорий. Для этого осушительные каналы и дрены должны иметь устройства, прекращающие сброс дренажных вод

в засушливые периоды вегетации. В ряде случаев осушительная сеть может способствовать ускорению подачи воды в почву;

2. Более эффективно использовать местные водные ресурсы за счет создания водохранилищ и прудов, собирающий дренажный и поверхностный сток для увлажнения, водоснабжения, рыбоводства, здравоохранения и отдыха;

3. Осмотрительно проводить при мелиорации пойменных земель регулирование водоприемников, учитывая, что возможны переосушение территории и уменьшение общей водности речного бассейна;

4. Шире применять польдерное осушение, включающее систему защитных дамб, каналов, дрен и насосных станций, предназначенных для откачки воды с обвалованной территории. Точное регулирование уровня грунтовых вод на таких системах предотвращает переосушение и способствует увеличению водности речного бассейна;

5. Создавать мелиоративные системы комплексного регулирования водного, питательного и теплового режимов, позволяющие в 1,5...2 раза увеличить продуктивность осушаемых земель и повысить эффективность использования оросительной воды;

6. Осуществлять оборотное использование дренажного стока для орошения осушаемых земель и в целях предотвращения загрязнения окружающей среды;

7. Снижать отрицательное влияние осушительных систем на прилегающие территории; использовать водохранилища и озера на осушаемых землях для рыбоводства.

## **2.5 Водный баланс переувлажненных земель**

Для наиболее сложных природных условий водный баланс мелиорируемых земель включает следующие составляющие: атмосферные осадки; поверхностные, грунтовые и грунтово-напорные воды, поступающие с прилегающих водосборов, инфильтрационные воды рек и водохранилищ; конденсационные воды; транспирацию; испарение с поверхности почвы и воды.

В зависимости от особенностей природных условий объекта отдельные составляющие могут вообще не участвовать, или участвовать периодически в формировании водного баланса.

Участвующие в формировании водного режима воды отличаются не только количеством, но и содержанием в них воздуха, питательных веществ, температурой и другие составляющие.

Если для производства сельскохозяйственных работ на осушаемых землях основное значение имеет содержание влаги в почве, то произрастание растений и формирование урожая сельскохозяйственных культур зависят от содержания в почве влаги, а также от воздуха, тепла, питательных веществ, развития агробиологических процессов в разные периоды вегетации.

Для количественной оценки каждого из факторов, участвующих в формировании водного баланса осушаемых земель, составляют уравнение водного баланса. Оно определяет соотношение между приходом и расходом влаги на территории за какой-либо период. В таблице 2.3 представлены элементы водного баланса осушаемых земель.

*Таблица 2.3*

*Элементы водного баланса осушаемых земель*

Элементы баланса	Статья баланса	Основной метод определения
1	2	3
Элементы баланса грунтовых вод		
Приток грунтовых вод	Приход	Расчет по данным наблюдений за уровнями грунтовых вод на прилегающей территории
Приток напорных вод	»	Расчет по данным наблюдений за уровнями грунтовых вод и пьезометрическим уровням (кусты скважин)
Инфильтрация осадков до уровня грунтовых вод	»	Измерение лизиметрами
Отток грунтовых вод	Расход	Расчет по данным наблюдений за уровнями грунтовых вод на прилегающей территории

*Продолжение таблицы 2.3*

1	2	3
Дренажный сток	»	Измерение на гидрометрических постах, расчетом по формулам теории фильтрации
Испарение с поверхности грунтовых вод	»	Измерение лизиметрами
Изменение запасов грунтовых вод	Баланс	Расчет по данным наблюдений за изменением глубин грунтовых вод
Элементы баланса влаги в зоне аэрации		
Инфильтрация осадков в зону аэрации	Приход	Измерение испарителями, лизиметрами, расчетом по разности из уравнения баланса поверхностных вод
Конденсация влаги в зоне аэрации	Приход	Измеряется совместно с испарением в лизиметрах, испарителях
Испарение с поверхности грунтовых вод	»	Измерение лизиметрами
Испарение с поверхности почвы	Расход	Измерение методом теплового баланса и почвенными испарителями
Транспирация	»	Измерение методом теплового баланса и почвенными испарителями
Инфильтрация осадков до уровня грунтовых вод	»	Измерение лизиметрами
Изменение запасов влаги в зоне аэрации	Баланс	Измерение влагомерами, наблюдения за влажностью почвы
Элементы баланса поверхностных вод		
Атмосферные осадки и водоотдача из снега	Приход	Измерение дождемерами, плювиографами, снегомерными съемками
Приток поверхностных вод со стороны	»	Измерение на гидрометрических постах, стоковых площадках
Конденсация воды на поверхности почвы, растений и в снеге	»	Прямые методы сложные и слабо разработанные; измеряется совместно с испарением в лизиметрах, испарителях

*Продолжение таблицы 2.3*

1	2	3
Испарение с водной поверхности и снега	Расход	Измерение испарителями ГГИ-3000
Поверхностный сток	Расход	Измерение на гидрометрических постах, редко расчленением гидрографа стока
Инфильтрация атмосферных осадков в зону аэрации	»	Измерение испарителями, лизиметрами, расчетом по разности из уравнения баланса поверхностных вод
Изменение засов воды на поверхности почвы	Баланс	Измерение на водомерных постах и маршрутными снегомерными и водомерными съемками

Наиболее сложный вид имеет уравнение водного баланса заболоченных пойм до их мелиорации

$$З = О + А + Д + Г + Г_n + Г_\phi + Г_a + К - И - Т, \quad (6)$$

где З – запас воды в почве и на ее поверхности;

О – осадки;

А – аллювиальные воды;

Д – делювиальные воды, поступающие с водосбора;

Г – грунтовые воды, поступающие с водосбора;

Г<sub>n</sub> – грунтово-напорные воды;

Г<sub>φ</sub> – фильтрационные воды, поступающие из рек и водохранилищ;

Г<sub>a</sub> – грунтовые воды, образующиеся за счет аллювиальных вод;

К – конденсация;

И – испарение;

Т – транспирация.

При атмосферном типе водного питания уравнение водного баланса имеет вид

$$З = Г + О + К - И - Т.$$

В случае замкнутого бассейна

$$З = О + К - И - Т.$$

При притоке фильтрационных вод из рек и водохранилищ

$$З = \Gamma_{\phi} + О + К - И - Т.$$

В случае грунтово-напорного питания, когда напорные воды выходят на поверхность, уравнение водного баланса имеет вид

$$З = \Gamma_{н} + О + Д + К - И - Т.$$

При капиллярном заболачивании

$$З = \Gamma_{нк} + О + Д + К - И - Т.$$

где  $\Gamma_{нк}$  – капиллярные воды, которые поступают из напорного горизонта в почву под давлением.

В случае намывного делювиального питания

$$З = О + Д + К - И - Т$$

При намывном аллювиальном питании

$$З = О + А + К - И - Т$$

Водный баланс составляют к началу производства весенних полевых работ и ко времени уборки урожая для слоя почвы 0,5...0,6 м и периода произрастания выращиваемых культур для слоя почвы 0,8...1,0 м.

Гидромелиоративные мероприятия коренным образом изменяют водный режим заболоченных земель, величину и число входящих в водный баланс составляющих [4].

Баланс зольных элементов на осушаемых землях. Баланс зольных элементов составляется для оценки питательного (пищевого) для растений режима почвы.

В приходную часть баланса входят следующие элементы: запас питательных веществ в почве в начале периода  $S_n$ ; поступление зольных элементов с осадками  $P_o$  с семенами  $P_c$ , с грунтовыми и напорными водами  $P_r$ , из воздуха с пылью и за счет по-

глощения газообразного азота  $P_v$ ; образование питательных веществ в почве микроорганизмами  $P_m$ ; внесение удобрений  $P_y$ . При дополнительном орошении вводится элемент - поступление с поливной водой  $P_{п}$ . В расходную часть баланса входят: вынос зольных элементов с урожаем и сорняками  $P_y$ ; вымыв питательных элементов поверхностным стоком  $P_c$ ; вынос веществ с дренажным стоком  $P_d$ ; запасы элементов питания в конце расчетного периода  $S_k$ . Уравнение баланса зольных элементов имеет следующий вид

$$(P_o + P_c + P_{п} + P_v + P_m + P_y) - (P_y + P_c + P_d) = S_k - S_n \quad (7)$$

Основными приходными элементами баланса являются  $S_n$ ,  $P_y$  и  $P_m$ , на землях грунтового и грунтово-напорного питания существенна роль  $P_r$ .

Мелиорация должна быть направлена на сохранение и приумножение плодородия почв, сокращение потерь элементов питания растений (азот, фосфор, калий, кальций и др.) с дренажным стоком (вынос с поверхностным стоком и грунтовыми водами). Элементы водного и питательного баланса принимают по данным изысканий, проводимых для обоснования проектов осушения с использованием материалов гидрометеорологических наблюдений, рекомендаций научных и опытно-производственных организаций.

## **2.6 Охрана окружающей среды при мелиорации сельскохозяйственных земель**

Охрана окружающей среды при мелиорации сельскохозяйственных земель определяется требованиями статьи 43 закона «Об охране окружающей среды» в области охраны окружающей среды при мелиорации земель, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

При осуществлении мелиорации земель, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений должны приниматься меры по охране

водных объектов, земель, почв, лесов и иной растительности, животных и других организмов, а также предупреждению другого негативного воздействия на окружающую среду при осуществлении мелиоративных мероприятий. Мелиорация земель не должна приводить к ухудшению состояния окружающей среды, нарушать устойчивое функционирование естественных экологических систем.

В пределах природоохранных полос существуют строгие ограничения хозяйственной деятельности: запрещается обработка почв с оборотом пласта и применением ядохимикатов, обустройство летних лагерей для скота, стоянка автомобильного транспорта и машин сельскохозяйственного назначения, строительство зданий и сооружений, свodka леса, кустарника [20].

Проектом реконструкции должны предусматриваться следующие гидротехнические водоохранные мероприятия:

- чистка от заиления трубчатых переездов, что способствует аэрации водного потока и уменьшению общей концентрации загрязнений;

- реконструкция и модернизация мелиоративной системы;
- строительство воронок.

Особое внимание уделяется использованию азотных удобрений, как способных к быстрому перемещению в почве и вымыванию, в частности необходимо:

- подкормку весной проводить после сбора избытка влаги из верхнего 10 – 15-сантиметрового слоя почвы;

- высокие дозы азота на сенокосах и пастбищах вносить дробно (после укусов и стравливания);

- срок внесения азота весной приближать к началу активной вегетации трав;

- максимально сокращать время от внесения удобрений до посева культур (особенно на лёгких по механическому составу почвах);

- вносить удобрения на глубине не более 10 – 15 см.

Для сохранения положительного баланса кальция и магния в почве необходимо систематически (один раз в 5 лет) производить известкование. Вносить известковые материалы следует из расчёта 1,5 кг активного вещества на 1,0 кг минеральных удобрений.

ний и с учётом выноса карбонатов водами с мелиоративных систем. Улучшая структуру почвы, известкование способствует уменьшению потерь взвешенных веществ биогенных элементов с поверхностным стоком.

Для предотвращения негативных последствий применения пестицидов необходимо:

- строго соблюдать технологическую дисциплину на полях (дозы, сроки применения), а также рекомендации по хранению и транспортировке;

- осуществлять обработку наземными технологическими средствами;

- сочетать применение пестицидов с безопасными в экологическом плане агротехническими и биологическими мерами защиты растений от вредителей и болезней;

- чередовать применение пестицидов с неодинаковым механизмом действия;

- использовать данные службы погоды с тем, чтобы не проводить обработку посевов накануне выпадения осадков;

- уменьшать почвенную кислотность (путём известкования), что способствует сорбции ряда фосфорорганических пестицидов и тем самым предохраняет их вымывание [1].

При эпизодическом присутствии на осушаемом участке копытных животных (лось, кабан, косуля) существенного влияния на их условия обитания мелиоративные мероприятия не окажут.

Реконструкция и модернизация мелиоративной системы создаст благоприятную среду обитания косули, зайца-русака, лисицы, улучшатся жизненные условия кабана за счет интенсивного использования летом и осенью образующихся биоценозов. Проведение мелиоративных мероприятий будет способствовать росту численности птиц полевого комплекса (серой куропатки, жаворонка, трясогузки и др.).

Мелиоративные мероприятия по реконструкции системы не должны приводить к коренной замене естественной растительности на культурную. Ландшафтно-архитектурному оформлению мелиорированной территории способствуют предусмотренные проектом культуртехнические работы, в процессе которых облагораживаются заболоченные участки земель.

## 3 ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

### 3.1 Оросительные системы

Орошение применяют при выращивании сельскохозяйственных культур, садов, виноградников, при полезащитном лесоразведении.

Оросительной системой называется сеть каналов и сооружений на них, предназначенных для забора воды из источника и подачи её на орошаемую площадь. Оросительная система состоит из следующих элементов: источника воды, водозаборного (головного) сооружения, оросительной сети, водосбросных и дренажных устройств, сооружений на каналах, дорожной сети и древесных насаждений на каналах.

Водозаборные сооружения. Для забора воды из источников и подачи её в оросительные каналы устраивают водозаборные сооружения, позволяющие подавать воду в каналы самотеком или с помощью насосных станций [20].

Водозаборы с помощью насосных станций применяют при расположении орошаемого участка выше источника, когда возникает необходимость в механическом подъеме воды.

Можно применять стационарные, плавающие или передвижные насосные станции. При колебаниях уровней воды в пределах 5 м используют стационарные насосные станции, а при больших колебаниях - передвижные. Стационарные станции при орошении в лесном хозяйстве наиболее распространены.

Для подачи (вывода) воды из плотинных прудов в магистральные каналы в качестве водозаборного сооружения используют водовыпуски в виде труб с задвижками, уложенные в плотину на уровне горизонта мертвого объема.

Оросительная сеть может быть открытой и закрытой. Открытая оросительная сеть включает: магистральные, распределительные и оросительные каналы.

Магистральные каналы располагают по высшим отметкам рельефа с уклоном 0,0002 - 0,0008. Участок канала, сооруженный до орошаемого участка, служит для транспортировки воды и носит название холостой части. Остальной участок канала, из которого вода подается в распределительные и оросительные каналы, называется рабочей частью канала. Оросительные каналы относительно поверхности земли можно устраивать в выемке, полу-

выемке или в насыпи. Магистральный канал в холостой части желательно сооружать в выемке для снижения потери воды на фильтрацию. В рабочей части в зависимости от способа орошения канал устраивают в выемке, полувыемке или насыпи. Желательно проектировать каналы с наиболее короткой холостой частью [16].

Оросители в зависимости от уклонов поверхности располагают вдоль или поперек склонов. При уклонах поверхности менее 0,002 применяют продольное размещение, на участках с уклоном 0,004 - 0,006 - поперек склона (поперечное). Длина оросителей принимается от 400 до 600 м. Расстояние между оросителями в зависимости от выбранного способа орошения может изменяться от 70 до 200 м. Оросители могут быть постоянными или временными.

Воду для орошения можно подавать и по закрытым трубопроводам, особенно при орошении дождеванием. Для трубопроводов используют асбоцементные трубы ВТ - 3, ВТ - 6, ВТ - 9, ВТ - 12, рассчитанные на рабочий напор 30, 60, 90 и 120 м соответственно. Диаметр труб (внутренний) ВТ - 3, ВТ - 6, ВТ - 9 изменяется от 50 до 456 мм. Для соединения труб применяют асбоцементные или металлические муфты с резиновыми уплотнительными кольцами.

Такие соединения допускают некоторый поворот и изгиб трубопровода, что предохраняет его от поломок при деформации грунта. Трубопровод закладывают на глубину 0,7 - 1,5 м в зависимости от глубины промерзания почвы.

Для уменьшения длины стационарных трубопроводов применяют разборные металлические и гибкие переносные трубопроводы. Наибольшее распространение имеют 5-метровые быстро - разъемные трубы РТ - 180 с внутренним диаметром 180 мм. В комплект оборудования переносного трубопровода входит до 1200 м разборных труб.

Применяют также алюминиевые трубы РТ - 125, гибкие полиэтиленовые и капроновые шланги диаметром 150, 200, 250 и 500 мм, шланги из капроновой пластифицированной (мелиоративной) ткани диаметром 400 - 460 мм.

### **3.2 Сооружения на оросительной сети**

При орошении в лесном и садово-парковом хозяйстве применяют водопроводящие сооружения: акведуки и дюкеры [19].

Акведук предназначен для переброски воды через овраги, лощины, водные потоки. Он имеет вид лотка, переброшенного через понижение, и состоит из входной части, лотка и выходной части. Иногда вместо лотков используют трубы. Пролетное сооружение акведуков может быть арочной, рамной или балочной конструкции. Вход в акведук имеет плановое очертание в виде раструба или косых плоскостей. Скорость течения в акведуке составляет от 1,0 до 2,5 м/с.

Дюкер предназначен для транспортировки воды под дорогами, каналами, балками, реками. Он представляет собой трубу, укладываемую на поверхность грунта на склонах балок, дне реки или в грунте на некоторой глубине.

Перепады и быстротоки относятся к группе сопрягающих сооружений и предназначаются для снижения скоростей движения воды на участках оросительных каналов с большими уклонами. Их устраивают как на каналах при осушении земель, так и на водосбросных сооружениях при плотинах. Их пропускную способность и размеры рассчитывают на требуемые расходы воды.

Для поддержания в каналах необходимых уровней воды создаются водоподпорные сооружения. К ним относятся шлюзы-регуляторы, водовыпуски, перемычки. Шлюзы-регуляторы являются постоянными сооружениями. Водовыпуски часто устраивают в виде труб, укладываемых в головной части оросительных каналов в местах выхода их из магистральных или распределительных каналов. В качестве водовыпуска можно использовать щиты, перегораживающие канал, с отверстиями необходимого размера. Перемычки в виде металлических или деревянных щитов, а также изготовленные из брезента или пластмассовых материалов устанавливают в местах, где нужно повысить уровень воды (например, в местах её забора для орошения дождевальными машинами).

Водомерные сооружения предназначены для замера воды, подаваемой на орошаемую площадь. При расходе воды не более 100 - 150 л/с в качестве водомерных сооружений используют водосливы с тонкой стенкой. Регулируя величину напора, можно изменять расход.

Водосбросная и дренажная сеть. Водосбросная сеть предназначена для отвода излишней воды. Водосбросные каналы сооружают в концевой части распределительных и оросительных

каналов, располагая их по возможности по естественным понижениям местности вдоль дорог и границ орошаемых участков. Глубина водосбросных каналов должна быть такой, чтобы при пропуске расчетных расходов уровень воды в каналах был на 15 - 20 см ниже поверхности земли, ширина каналов по дну определяется расчетом, но должна быть не менее 0,3 м.

Во избежание переувлажнения орошаемых земель прибегают к устройству дренажа, выбирают вид дренажа и составляют проект на его строительство.

Для снижения потерь воды из оросительной сети на физическое испарение вдоль основных оросительных каналов создают полосы из древесных растений, уменьшающие движение воздушных потоков.

Для орошения можно использовать воды местного стока, собираемые в искусственных водоемах, воды озер, больших и малых рек, болот и грунтовые воды.

### 3.3 Способы полива

Оросительную воду на полях можно распределять пятью способами: поверхностным, дождеванием, внутрипочвенным, капельным, мелкодисперсным.

Поверхностный способ полива имеет три разновидности: напуском по полосам, по бороздам и затоплением [16].

При поливе напуском вода движется тонким слоем по поверхности выровненных длинных полос и в процессе движения впитывается в почву.

При поливе по проточным бороздам вода впитывается в почву через дно и стенки борозд, в процессе движения, а по затопляемым бороздам она впитывается в состоянии покоя.

При поливе затоплением небольшой участок - чек, окруженный со всех сторон земляными валиками, наполняют слоем воды, которая, находясь в состоянии покоя, просачивается в почву.

Для поверхностного орошения характерны следующие особенности: поливы проводят периодически, запасы воды аккумулируются в верхних слоях почвы и расходуются в межполивные периоды; увлажняется только почва; возможно получить различные глубины увлажнения; большие колебания влажности почвы в период между поливами; после полива образуется почвенная корка на всей смоченной поверхности, которая снижает аэрацию,

процессы нитрификации и увеличивает испарение с поверхности почвы. Плотная корка препятствует появлению всходов растений; поливная сеть (борозды, полосы) ухудшает условия работы сельскохозяйственных машин.

При дождевании поливы проводят периодически, вода аккумулируется в верхних слоях почвы; увлажняется не только почва, но и растения, что активизирует их физиологические процессы; глубина увлажнения почвы, как правило, меньше, чем при поверхностном орошении; можно давать частые поливы малыми поливными нормами и тем самым создавать более равномерный режим влажности почвы; дождевание более сильно влияет на микроклимат приземного слоя воздуха, чем поверхностное орошение; отсутствие поливной сети улучшает условия работы сельскохозяйственных машин и орудий [16].

Внутрипочвенное орошение позволяет получать только капиллярное увлажнение верхних слоев почвы; поддерживать определенную глубину увлажнения; значительно уменьшить испарение воды с поверхности почвы; обеспечить непрерывное водоснабжение растений; не стесняет работу сельскохозяйственных машин.

При капельном орошении вода непрерывно подается через капельницы каплями в почву к корням растений.

При мелкодисперсном (аэрозольном) орошении вода подается на поле периодически малыми дозами в виде очень мелких частиц и смачивает листья и стебли растений, снижая при этом температуру воздуха и растений. В жаркое время это повышает фотосинтез растений. Этот способ полива применяют в комплексе с другими способами полива.

Требования, предъявляемые к способам и технике поливов:

- равномерно распределять по площади и глубине корнеобитаемого слоя расчетное количество воды в необходимые сроки, обеспечивая в комплексе с агротехникой высокое плодородие почвы и получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур;

- исключать непроизводительные потери воды на просачивание в глубокие слои, на сбросы, испарение и обеспечивать высокий коэффициент использования воды (не менее 0,95 - 1);

- сохранять структуру почвы; предупреждать ее засоление и заболачивание; иметь высокую производительность труда на поливе, наибольшую механизацию и автоматизацию его;

- не препятствовать механизации сельскохозяйственных работ и рационально использовать орошаемые земли.

Применение того или иного способа полива зависит от сельскохозяйственной культуры, а также от почвенных, рельефных, гидрогеологических, климатических условий и уровня развития сельскохозяйственного производства.

### **3.4 Мелиорация засоленных земель**

Орошение земель сопровождается просачиванием некоторой части воды на участках орошения и оросительной сети в глубокие горизонты почвы, вызывая подъём фунтовых вод. Подъёму их способствует превышение норм полива, а также возможные аварии оросительных систем. При подъёме грунтовых вод к поверхности может образовываться слой сплошного промачивания от поверхности почвы до зоны капиллярной каймы. Минерализованные грунтовые воды по капиллярам поступают к поверхности почвы, испаряются, увеличивая тем самым содержание солей в почвенном слое и вызывая засоление [20].

В целях борьбы с засолением необходимо обеспечивать сокращение фильтрационных потерь, не допускать превышения поливных норм, обеспечивать тщательную планировку поверхности орошаемой территории для исключения стока воды в понижения, улучшать структуру почвы, предусматривать создание лесных полос для замедления перемещения воздушных потоков над орошаемыми полями, что снизит физическое испарение.

Засоление почв можно устранить их промывкой, основанной на удалении легко растворимых солей с помощью пресной воды. Промывку можно проводить при глубоком залегании грунтовых вод или наличии на участках закрытого дренажа. При промывке на каждый гектар площади в два-три приёма подают 2 - 3 тыс. м<sup>3</sup> воды. В первый приём насыщают водой до полной влагоёмкости, затем после растворения солей через 4 - 5 дней подают остальную часть воды.

Для этого мелиорируемую территорию разбивают на участки (чеки) по 0,15 - 0,25 га. Промывку проводят осенью или ранней весной, когда не возникает потребности использовать воду на орошение.

#### 4 АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОЧВУ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ МЕЛИОРАЦИИ

Антропогенное воздействие на почву проявляется при оросительной мелиорации. Наблюдаются следующие процессы деградации почв:

- усиленная инфильтрация поливной воды увеличивает миграцию веществ и приводит к подъему уровня грунтовых вод;
- развитие ирригационной эрозии;
- ухудшение агрофизических свойств, уплотнение почвы, коркообразование;
- деструктурирование, уменьшение водопрочности агрегатов;
- вторичное засоление и осолонцевание;
- ухудшение качества гумуса, усиление его подвижности.

Выделяют несколько причин развития процессов деградации почв при орошении: природные, технологические, экономические. Среди природных причин можно назвать следующие: глинистый состав почвы, небольшое содержание гумуса, наличие обменного натрия и солей тяжелых металлов на небольшой глубине; слабая дренированность территорий, близкое залегание грунтовых вод; наличие в почве солевого, глеевого горизонтов. К технологическим причинам деградации почв относятся неправильная агротехника, (например, выворачивание на поверхность засоленных пластов), несовершенство оросительных систем и др. С большой скоростью процессы деградации почв происходят при поливах минерализованными водами или водами неудовлетворительного качества. Степень деградации почв различна, от слабой, практически не влияющей на функционирование почв и урожая (снижение < 10 %) до катастрофической (снижение урожая на 75 – 90 %). Ежегодно за земном шаре вследствие засоления выходит из оборота 200 -300 тыс. га орошаемых земель [18].

Засоление почвы – это накопление растворимых солей и обменного натрия в концентрациях, не допустимых для нормального роста и развития растений. Среди засоленных почв различают солончаковые с высокой концентрацией растворимых солей; солонцеватые, содержащие более 5 – 10 % обменного натрия; солончаки и солонцы. Даже при слабом засолении урожайность кукурузы уменьшается на 40 – 50 %, пшеницы - на 50 – 60 %. Засоление почвы возможно при неправильной агротехнике, выворачивании на поверхность засоленных слоев, чрезмерной нагрузке

скота на пастбищах. Причиной засоления почвы могут быть сами поливные воды, если они содержат повышенные концентрации растворимых солей. Часто засоление происходит вследствие обогащения почвы солями, которые содержатся в грунтовых водах. Одновременно с повышением уровня грунтовых вод происходит подъем влаги по капиллярам к поверхности почвы, где накапливаются соли по мере испарения воды в ней. Чем суше климат и чем тяжелее почва по механическому составу, тем в большей степени выражен этот процесс. При увеличенных нормах полива, потерях оросительной воды из каналов повышается уровень грунтовых вод. Следовательно, происходит вторичное засоление почв.

Один из факторов засоления - ветер. Ветер переносит соленую пыль в глубь континентов. Такое явление наблюдается в Приаралье, где ветром усиливается вынос солей и пыли с осушенного дна моря. Засоление почвы происходит иногда под влиянием растительности.

Для борьбы с вторичным засолением используются следующие мероприятия:

- дренаж территории с использованием труб, укладываемых на глубину 1,0 - 1,8 м с расстоянием между дренами от 5 до 15 м;

- использование внутрипочвенного, капельного, мелкодисперсного и импульсного орошения. В связи с малыми нормами орошения вероятность засоления уменьшается;

- бетонное экранирование русел магистральных каналов;

- промывка почвы пресными водами;

- создание лесных полос по каналам обеспечивает постоянство уровня грунтовых вод, так как деревья перехватывают и транспирируют фильтрующуюся воду.

На солонцеватых почвах степи и полупустыни рекомендуется гипсование, способствующее удалению солей натрия из почвы. На этих землях применяют трехярусную вспашку, при которой солонцовый горизонт перемешивается с карбонатным.

Меры восстановления и предотвращения деградации орошаемых почв следующие:

- рационализация водопользования (режим орошения в СНГ и сопредельных странах с нормами до 300 м<sup>3</sup>/год). Увлажнение почвы исходя из расчетного слоя, в котором 85% корней, и в зависимости от фенофазы растений;

- противозерозионные приемы: уменьшение диаметра капель искусственного дождя, предварительный полив малыми нормами, мульчирование поверхности соломой и др.;

- техническое совершенствование оросительной техники, оросительных систем;

- применение набора научно обоснованных приемов агротехники (щелевание, дискование и др.) и перенос части ранневесенних обработок почвы (вызывающих уплотнение) на осенний период;

- меры для повышения устойчивости почв и улучшения структуры почв, содержания в них гумуса: применение удобрений, структурообразователей, мелиорантов, посев многолетних трав и запашка промежуточных культур и т.д.;

- дренаж территории;

- промывка почв.

Последствия проведения осушительной мелиорации на почву многообразны. Этот вид мелиорации влияет прежде всего на водно-физические, агрохимические свойства почвы. Мелиорация в большей степени влияет на почвы легкого механического состава (рыхлые супеси, связные и рыхлые пески), так как они обладают хорошими фильтрационными свойствами и слабой водоаккумулирующей способностью. Глинистые и суглинистые почвы обладают высокой водоудерживающей способностью, что препятствует отводу избыточной влаги даже при их непосредственном осушении.

При осушении торфяно-болотных почв улучшаются их водно-физические свойства, вследствие чего усиливается минерализация органического вещества и освобождаются питательные элементы, уменьшается кислотность почвенного раствора. Однако, в результате неправильного сельскохозяйственного использования осушенных торфяников происходит «сработка» торфа и получает развитие ветровая эрозия. Потери торфа от ветровой эрозии при возделывании пропашных культур составляют 2 - 3 т/га, зерновых – около 1 т/га.

С понижением влажности и плотности торфа резко изменяется соотношение между его твердой, жидкой и газообразной фазами, что влечет изменение температурного режима. Тепловые свойства торфа увеличивают вероятность заморозков, их интенсивность и продолжительность. Так, на осушенных и освоённых болотах заморозки на 3 - 40 ниже, чем на неосушенных. Кроме того, на этих территориях учащаются атмосферные засухи.

В результате осушительной мелиорации снижается уровень грунтовых вод. Это обусловлено уменьшением уровня воды в водоприемнике и резким уменьшением атмосферных осадков в период массового гидромелиоративного строительства. Например, в некоторых районах Украинского Полесья снизилось годовое количество осадков на 10 – 11 %, количество засушливых дней увеличилось в 2 раза. Снижение уровня грунтовых вод на прилегающих территориях произошло в радиусе 1,5 - 10 км от объекта осушения, а по глубине залегания – до 1 м. При этом в результате уменьшения поверхностного стока и величины испарения может наблюдаться увеличение подземного стока до 10 раз. Возрастает общая минерализация воды за счет концентрации хлоридов и сульфатов [20].

Рациональное использование мелиорированных болотных и заболоченных комплексов означает, что:

- торфяно-болотные почвы с мощностью торфа до 1 м нужно использовать под многолетние травы, долголетние сенокосы и пастбища;

- торфяно-болотные почвы с мощностью торфа более 1 м использовать в зернотравяных севооборотах (многолетние травы должны занимать не менее 50 % посевных площадей), под луговые угодья;

- мелиорированные песчаные и супесчаные почвы допускается использовать в качестве пашни при условии повышения плодородия почвы путем сидерации и применения химических средств;

- глинистые и суглинистые мелиорированные почвы использовать, исходя из специализации и экономического состояния хозяйств;

- сельскохозяйственное использование пойменных земель должно обеспечить не только сохранение и повышение их плодородия, но и предотвращение загрязнения речных вод удобрениями, пестицидами, тяжелыми металлами;

- для предотвращения ветровой эрозии на торфяниках необходимо применять противозерозионные мероприятия.

## **5 ПОНЯТИЯ О РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ. ЭТАПЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

### **5.1 Цель и сущность рекультивации земель, классификация нарушенных земель, нарушенные агрогеосистемы**

Рекультивация земель – составная часть природообустройства, заключается в восстановлении свойств компонентов природы и самих компонентов, нарушенных человеком или загрязненных в процессе природопользования, функционирования техноприродных систем и другой антропогенной деятельности для последующего их использования и улучшения экологического состояния окружающей среды.

Объектами рекультивации являются нарушенные земли – это территории, на которых нарушены, разрушены или полностью уничтожены компоненты природы: растительный и почвенный покровы, грунты, подземные воды, местная гидрографическая сеть (ручьи, родники, малые реки, озера и т.д.), изменен рельеф местности. К нарушенным землям относятся также загрязненные земли, то есть земли, на которых в компонентах природы произошло увеличение содержания веществ, вызывающее негативные токсико–экологические последствия. Значительное место в общем объеме техногенных нарушений занимают земли, образованные в результате химического загрязнения растительного и почвенного покровов [4].

Одной из крупных экологических проблем России является загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами.

В зависимости от антропогенных воздействий нарушенные земли образуются:

- при добыче торфа (фрезерные поля, карьеры гидроторфа, машиноформовочные карьеры);

- добыче нерудных строительных материалов (карьеры песка, глины, песчано–гравийных материалов);

- производстве открытых горных работ (карьерные выемки, внутренние и внешние отвалы);

- производстве подземных разработок (провалы, прогибы, шахтные отвалы – терриконы);

- функционировании урбанизированных территорий (золоотвалы, шлакоотвалы, шламонакопители, свалки твердых бытовых отходов – ТБО и др.);

- проведении разведочных и изыскательских работ (участки земель с нарушенным растительным и почвенным покровами, а также участки земель, загрязненные нефтью и нефтепродуктами);

- выполнении строительных и эксплуатационных работ (участки земель с частично или полностью нарушенным растительным и почвенным покровом, территории земель, подвергающиеся подтоплению, затоплению и эрозионным процессам, а также насыпи, кавальеры, отвалы, гидроотвалы и др.);

- технологических процессах в ходе получения материалов, веществ, электрической энергии (земли, загрязненные аэрозолями и пылевыми выбросами, органическими и неорганическими веществами, радиоактивными элементами);

- сельскохозяйственном производстве (земли, загрязненные остаточным количеством пестицидов, дефолиантов, сточными водами и удобрениями, а также засоленные, эрозионные и малопродуктивные земли);

- военных действиях, производстве оружия и его основ (земли, загрязненные радиоактивными, отравляющими, токсичными органическими и неорганическими веществами, опасными бактериологическими компонентами).

## **5.2 Этапы рекультивации земель нарушенных земель**

Комплекс рекультивационных работ представляет собой сложную многокомпонентную систему взаимосвязанных мероприятий, структурированных по уровню решаемых задач и технологическому исполнению [4].

Выделяют следующие этапы рекультивации:

- подготовительный этап начинается с проведения инвестиционного обоснования мероприятий по рекультивации нарушенных земель и заканчивается разработкой рабочей документации;

- технический этап – это инженерно–техническая часть проекта, направленная на восстановление или создание новой по-

верхности нарушенных земель, очистку от загрязняющих веществ, восстановление почвенного покрова и подготовку к биологической рекультивации;

– биологический этап – это завершающий этап проекта рекультивации, включающий озеленение, лесное строительство, биологическую доочистку почв, агромелиоративные и фиторекультивационные мероприятия, направленные на восстановление процессов почвообразования.

Продолжительность двух последних этапов условно называют рекультивационным периодом, который в зависимости от состояния нарушенных земель и их целевого использования может быть от одного до нескольких десятков лет.

При решении сложных экологических задач, требующих постоянного контроля и управления потоками вещества в техноприродных геосистемах, продолжительность этого периода уславливается сроками полного восстановления компонентов природы.

**Подготовительный этап рекультивации.** Проектную документацию на стадии инвестиционного обоснования или инженерного проекта разрабатывают на основе задания заказчика на проектирование рекультивации нарушенных земель. Инвестиционное обоснование представляет собой исследование вариантов проектных решений с целью выбора оптимального, имеющего наилучшее сочетание коммерческого, социального и экологического эффектов.

Рабочий проект – это регламентированный нормативами комплект проектно–сметной документации, по которому осуществляются работы технического и биологического этапов рекультивации нарушенных земель.

Любая стадия проектирования проходит согласование в инспектирующих органах и сопровождается экологической экспертизой.

Выбор направления использования нарушенных земель обосновывается на основе материалов изысканий, прогнозов изменения природной среды и оценки пригодности земель для целей рекультивации.

Целевыми являются следующие виды использования нарушенных земель: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, рыбохозяйственное, водохозяйственное, рекреационное, строительное и санитарно–эстетическое (санитарно–гигиеническое).

При выборе направления рекультивации земель предпочтение необходимо отдавать созданию сельскохозяйственных угодий, особенно в густонаселенных районах с благоприятными для этих целей условиями.

Рекультивацию по улучшению санитарно–эстетических условий проводят на объектах, представляющих угрозу здоровью населения и экологическому состоянию природной среды, если необходимо, то такие нарушенные земли консервируют, а с появлением новых технологий, обеспечивающих их восстановление до нормативных требований, снова используют в хозяйственных целях.

Проект рекультивации и технологии его выполнения должны отвечать определенным требованиям, одновременная реализация которых призвана повысить эффективность восстановления компонентов природы. Такой набор требований называют рекультивационным режимом.

Рекультивационный режим определяется состоянием нарушенных земель и включает показатели, которые имеют нормированные или ориентировочные значения, которые в конкретных проектах должны быть обоснованы опытом, исследованиями, изысканиями и прогнозными расчетами.

**Технический этап рекультивации.** Технические мероприятия по рекультивации нарушенных земель подразделяются на следующие виды:

- проектные – создание новых проектных поверхностей и форм рельефа: профилирование, террасирование, вертикальная планировка, удаление ненужной древесно–кустарниковой растительности, пней, камней, разделка кочек;
- структурные: изменение состава и структуры рекультивационного слоя (землевание, торфование, создание экранов);
- химические: известкование, гипсование, кислование, внесение сорбентов, органических и минеральных удобрений;

- водные (гидротехнические): осушение, орошение, регулирование сроков затопления поверхностными водами;
- теплотехнические: мульчирование, грядование, обогрев, применение утеплителей.

На нарушенных землях практически всегда необходимо проводить планировку и землевание. Планировку в зависимости от направления рекультивации, объемов и расстояния транспортировки почвенного слоя проводят по всей территории (сплошная) или по отдельным участкам (частичная), ее включают в состав работ по террасированию и выполаживанию откосов отвалов, карьерных выемок, кавальеров и насыпей.

Сплошную планировку (разравнивание) выполняют при подготовке земель к сельскохозяйственному использованию и созданию лесных массивов, частичную – при подготовке земель к озеленению, созданию защитных или лесных водоохраных полос, при благоустройстве территорий для целей рекреации или для придания нарушенным землям эстетичного вида с многообразием форм микрорельефа.

Планировка насыпей проводится в два этапа: предварительная и окончательная через 2 – 3 года с обязательным засевом поверхности насыпи бобово-злаковыми травами в промежутках между этапами.

Землевание – это нанесение почвенного слоя на спланированную поверхность или внесение почвы (потенциально плодородных пород) в другую почву для улучшения водно-физических, агрохимических и тепловых свойств. Содержание гумуса в почве, наносимой на спланированную поверхность, должно быть не менее 2 %.

Землевание особенно необходимо при создании рекультивационного слоя на землях, непригодных для проведения биологической рекультивации по физическим или химическим свойствам. Мощность рекультивационного слоя на потенциально плодородных породах определяется направлением использования нарушенных земель.

В зависимости от площади и состояния нарушенных земель техническая рекультивация может ограничиваться двумя рассмотренными способами или созданием крупных инженерных

систем с необходимым набором элементов управления потоками вещества: для загрязненных земель – инженерно-экологические системы. Эффективность таких систем зависит от уровня инженерного исполнения и технологии управления движением минеральных и органических веществ в компонентах природы.

**Биологический этап рекультивации.** Основные задачи биологической рекультивации – возобновление процесса почвообразования, повышение самоочищающей способности почвы и воспроизводство биоценозов. С помощью биологической рекультивации удастся ликвидировать ущерб, нанесенный ландшафту, или предотвратить его, создать условия для поддержания экологической устойчивости ландшафта.

Биологическую рекультивацию проводят специализированные фирмы и те предприятия, которым возвращают земли согласно принятому направлению использования нарушенных земель. Организационно биологическая рекультивация осуществляется в два этапа. На первом этапе выращивают пионерные (предварительные, авангардные) культуры, умеющие адаптироваться в существующих условиях и обладающие высокой восстановительной способностью. На втором – переходят к целевому использованию. Земли, загрязненные тяжелыми металлами, органическими веществами или продуктами промышленной переработки, на первом этапе очищают с помощью сорбентов, растений или микроорганизмов (биодеструкторов), а затем включают в хозяйственное использование под наблюдением агрохимических и санитарно-эпидемиологических служб.

Формирование растительного покрова идет очень медленно из-за сложного изменяющегося во времени рельефа поверхности отвала, бедности горных пород питательными веществами, неустойчивости водного и теплового режимов.

В сложных условиях сроки формирования растительного покрова значительно увеличиваются.

На торфяных карьерах при достаточном количестве влаги и питательных веществ растительность появляется уже в первый год.

Скорость почвообразования зависит от свойств почвообразующих пород, их водного и теплового режимов, рельефа, природно-климатических условий данного района.

Интенсивное накопление гумуса на нарушенных землях наблюдается в период от 5 до 20 лет, далее скорость почвообразования снижается.

Поэтому на нарушенных землях, особенно в тех местах, где целевое использование затруднено в силу организационных, технологических, социальных и природно-климатических условий, необходимо стремиться прежде всего к стимулированию образования растительного покрова.

Для создания растительного покрова на землях, загрязненных химическими веществами, необходимо учитывать видовой состав растений, приуроченный к таким землям.

Рекультивация лесохозяйственного назначения проводится для создания на нарушенных землях лесных насаждений промышленного, защитного, водорегулирующего, водоохранного и рекреационного назначений.

На землях, загрязненных техногенными продуктами, главной задачей биологической рекультивации является повышение самоочищающей способности почвы. Решение этой задачи возможно с помощью совместного функционирования технических и биологических систем, оперирующих широким набором мероприятий, в том числе с использованием специально выращенных микроорганизмов.

Рекультивация (очистка) почв от техногенных продуктов с помощью микроорганизмов основана на деструктировании (разложении) этих продуктов в течение регламентированного времени. На практике этот способ применяют для очистки почв, загрязненных нефтью, нефтепродуктами и пестицидами. Технология биодеструктирования включает создание благоприятных водно-воздушных, тепловых и питательных условий микроорганизмам и регулярного контроля численности применяемой популяции. Поэтому эффективность такого вида рекультивации зависит от управляемости регулирующих факторов и качества штаммов.

### 5.3 Способы рекультивации земель по видам нарушений

**Рекультивация земель, нарушенных при строительстве линейных сооружений.** К линейным сооружениям относятся дороги, трубопроводы, каналы, подземные кабельные линии и т.п. Полоса земли, отводимая во временное пользование при строительстве автомобильных дорог, в ср. днем составляет 1,5 – 2,0 га на один км дороги. Ширина полосы земель, отводимых во временное пользование под строительство магистральных трубопроводов, изменяется от 20 до 46 м. При строительстве одной нитки водовода или канализационного коллектора отводится от 20 до 70 м. В эти нормативы не входят участки земель, занятые под временные подъездные дороги и сооружения. В целом общая площадь нарушенных земель получается гораздо больше, чем отводимая под строительство [9].

Рекультивация нарушенных земель при строительстве линейных сооружений имеет некоторые особенности, связанные с подвижным характером работ. Поэтому ее необходимо включать в технологическую схему производства основных работ, особенно ту часть, которая относится к технической рекультивации.

Основной состав рекультивационных работ при строительстве линейных сооружений:

- ликвидация временных сооружений и уборка территории в пределах строительной зоны;
- засыпка траншей подземных коммуникаций по схеме;
- распределение оставшихся вскрышных пород по поверхности;
- создание проектной поверхности, включая планировку и обустройство насыпей и выемок;
- выполнение противоэрозионных мероприятий, строительство сооружений;
- землевание ранее снятым почвенным слоем, торфование, внесение органических удобрений или органо–минеральных смесей.
- посев семян зональных дикорастущих или культурных растений, предварительно обработанных питательной смесью.

Рекультивация земель при строительстве и эксплуатации каналов включает:

- сохранение снятого почвенного слоя по фронту работ;
- проведение противоэрозионных мероприятий;
- разравнивание отвалов (кавалеров) грунта по месту работ или их использование для планировки на прилегающих территориях;
- возвращение предварительно снятого почвенного слоя на участки планировки и восстановление поверхности земли до проектных отметок;
- ремонт и обустройство дорожной сети, разрушенной в ходе строительных работ;
- восстановление пахотного слоя, а также травяного покрова, если земли используются под сенокосы или пастбища.

**Обустройство и рекультивация полигонов хранения твердых отходов.** Отходы, образующиеся в жилищном, промышленном, сельскохозяйственном и других секторах хозяйственной деятельности, подлежат утилизации (переработке, захоронению, сжиганию, компостированию и обезвреживанию) на специализированных предприятиях и полигонах.

Складируемые отходы по своему содержанию представляют отвалы сложных конгломераций продуктов жизнедеятельности, производств и частей природных компонентов. Поэтому организация и технология утилизации отходов определяется количеством и видом их образования.

Место для размещения полигонов выбирают с учетом следующих условий:

- исключение или минимизация влияния отрицательных последствий на прилегающие территории (лесные насаждения, поверхностные и подземные воды);
- возможность создания техногенного рельефа, гармонично вписывающегося в природный ландшафт.

При выборе места для полигона предпочтение надо отдавать землям несельскохозяйственного назначения.

Рекультивацией и обустройством полигонов отходов занимаются организации, входящие в систему обращения с отходами и эксплуатирующие данные полигоны. Работы эти выполняют в соответствии с проектом, разработанным и согласованным на стадии открытия полигона.

Продолжительность рекультивационного периода полигонов отходов зависит от направления использования и времени стабилизации тела отвалов, например, для посева многолетних трав и создания пашни продолжительность этого периода составляет 1 – 3 года, для посадки декоративных деревьев и кустарников от 2 до 3 лет, для создания садов – от 10 до 15 лет.

Органическую составляющую отходов жилищно–коммунального сектора, образующуюся после сортировки бытовых отходов (до 70 % ТБО), древесно–растительные остатки (обрезка, сведение деревьев и кустарников) и не загрязненные потенциально плодородные грунты целесообразно направлять на производство компоста с последующим его использованием при благоустройстве и озеленении городских территорий или для рекультивации полигонов отходов.

В качестве примера рассмотрим схему организации и рекультивации складированных отходов, состоящих из мусора и древесно–растительных остатков.

Отсыпку отходов ведут послойно без покрытия поверхности экраняющим грунтом или почвой. Это обеспечивает интенсивное разложение растительных остатков и выделение метана и других химических веществ, препятствующих биогеохимическим процессам. Откосы делают эрозионно–устойчивыми, покрывают субстратом из мусора, мелких растительных остатков, грунтов и почвы, засевают травосмесями. Для организации отвода поверхностной воды на уступах (террасах) создают сеть неглубоких каналов. Фильтрационные воды с помощью дренажной сети отводят на очистные сооружения или на биоплаты (биологические пруды очистки).

#### **5.4 Рекультивация земель загрязненных нефтью и нефтепродуктами**

При ежегодной мировой добыче нефти 2 млрд. 500 млн т в год теряется около 50 млн т или примерно 2 %. Загрязнение земель и вод происходит при добыче нефти, транспортировке ее и ее продуктов, переработке, хранении, заправке машин топливом в результате аварий, утечек, протечек, испарении. Опасны не только крупные аварии, но и мелкоочаговые загрязнения вокруг

многочисленных мелких баз хранения и распределения топливно–смазочных материалов (ТСМ), топливозаправочных станций, при хранении и ремонте техники.

Испаряющиеся нефтепродукты загрязняют воздух, особенно опасно образование канцерогенных соединений. Испарившиеся нефтепродукты переносятся с воздухом и, выпадая вместе с атмосферными осадками, расширяют ареал загрязнения. Значительная часть нефтепродуктов попадает в почву, вызывая неблагоприятные изменения ее микроэлементного состава, физико–химических свойств, водно–воздушного и окислительно–восстановительного режимов, нарушение нормального соотношения углерода и азота, приводя к дефициту кислорода, азота и фосфора. На территориях добычи, хранения, переработки нефтепродуктов и на прилегающей площади почвенный покров деградирует и полностью разрушается [9].

Часть пролитых нефтепродуктов, особенно их легкие фракции улетучиваются из самого верхнего слоя почвы, но значительная их часть просачивается вниз, достигает поверхности грунтовых вод и образует зону загрязнения, в которой в разных пропорциях содержатся нефтепродукты и подземные воды. Просочившиеся нефтепродукты создают очень большую экологическую угрозу водоносным горизонтам, а также водоемам и водотокам, так как даже незначительное содержание нефтепродуктов порядка 0,1 мг/л делает воду непригодной для питья, а концентрация больше 0,05 мг/л недопустима для рыбохозяйственных водоемов.

Мероприятия по рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, необходимо назначать с учетом санитарно–гигиенических норм и оценки экологической обстановки территорий.

В Нидерландах для оценки загрязнения почв применяют три уровня:

- 1 – фоновый с содержанием нефтепродуктов 50 мг/кг почвы;
- 2 – повышенное загрязнение (1000 мг/кг), при котором выявляют и устраняют причины загрязнения, организывают мониторинг;
- 3 – высокое загрязнение (5000 мг/кг) – служит основанием

проведения рекультивации и грунтовых вод.

В Германии допустимое содержание нефтепродуктов в почве водоохраных зон и заповедников равно 300 мг/кг; почв древних речных долин – 3000 мг/кг; водоразделов – 5000 мг/кг. Многие западноевропейские страны за верхний безопасный уровень содержания нефтепродуктов в почве принимают 1000 мг/кг.

Для России в нефтедобывающих районах институт Геоэкологии РАН рекомендует безопасные уровни загрязнения грунтов нефтепродуктами в мерзлотно-тундровых и таежных районах до 1000 мг/кг, в таежно-лесных – до 5000 мг/кг, лесостепных и степных районах – до 10000 мг/кг. За нижний безопасный уровень загрязнения грунтов принимается 1000 мг/кг, рекультивационные работы рекомендуют начинать при содержании нефтепродуктов – 5000 мг/кг.

В отдельных регионах страны в качестве ориентировочно допустимых уровней используют «фоновые значения» содержания углеводов в почве или такое содержание нефтепродуктов, при котором за счет самоочищающей способности почвы в течение одного года восстанавливается продуктивность растений или восстанавливаются микробиологические процессы.

Если учитывать, что фоновое содержание нефтепродуктов в грунтах для территории России изменяется от 10 до 500 мг/кг, а подавление микробиологических процессов на вновь загрязненных землях начинается при содержании нефтепродуктов 200 – 300 мг/кг, то для сельскохозяйственных земель ПДС нефтепродуктов не должно быть больше 300 мг/кг. Норматив содержания нефти и нефтепродуктов при рекультивации необходимо определять с учетом фонового содержания, характера загрязнения, вида нефтепродуктов, характера использования земель и природных условий, обуславливающих самоочищающую способность компонентов геосистем.

В настоящее время принято для земель сельскохозяйственного назначения первого уровня рекультивации (низкий уровень загрязнения нефтью и нефтепродуктами) содержание их в почве 300 – 1000 мг/кг, второго (средний и высокий уровень загрязнения) – 1000 – 5000 мг/кг, третьего (очень высокий уровень загрязнения) – выше 5000 мг/кг. Для земель несельскохозяйственного

назначения эти пределы следующие: 1 уровень – 1000 – 5000 мг/кг, 2 уровень – 5000 – 10000 мг/кг, 3 уровень – свыше 10000 мг/кг.

Состав работ первого уровня рекультивации направлен на активизацию почвенных микроорганизмов по деструкции углеводов. Сюда входят рыхление почвы, внесение извести, гипса, высоких доз органических и минеральных удобрений с последующей заправкой, создание мульчированной поверхности из высокопитательных смесей, посев нефтотолерантных растений повышенными нормами.

В составе рекультивационных работ второго уровня проводят замену загрязненного слоя путем удаления последнего, создают рекультивационный слой способом смешивания замасоченных и чистых слоев почвы, вносят органоминеральные и бактериальные активаторы (керамзитовые окатыши, навоз, биодеструкторы), устраивают поглотительно-экранирующие слои под загрязненным слоем из минеральных грунтов и извести. Почвы с высоким уровнем загрязнения направляют на переработку с целью добычи извлекаемой части нефтепродуктов, после чего их рекультивируют в стационарных или полевых условиях.

Одним из приоритетных способов очистки почв от нефтепродуктов является использование биодеструкторов. Их эффективность обеспечивается активностью микроорганизмов по отношению к углеводам в условиях хорошей аэрации почв, благоприятного водного, температурного (5 – 30 °С) и питательного режимов почв. Так, благодаря действию таких препаратов содержание нефтепродуктов в почве за 10 суток может снизиться на 30 %. По мере снижения загрязненности почвы применяют мероприятия первого уровня рекультивации.

Рекультивацию земель, входящих в зону чрезвычайной экологической ситуации или экологического бедствия (второй и третий уровни), проводят как систему мероприятий в составе инженерно-экологической системы. Создание такой системы обусловлено высокой подвижностью нефтепродуктов в компонентах геосистемы, особенно при длительном загрязнении почв. Подобные антропогенные залежи нефтепродуктов формируются вблизи

складов топливно-смазочных материалов, нефтебаз и нефтеперерабатывающих заводов. Поэтому реализуемыми задачами инженерно-экологической системы являются рекультивация почв, защита рек и водозаборов от загрязнения нефтепродуктами с одновременной локализацией очагов загрязнения подземных вод.

Основу системы могут составлять такие инженерные сооружения, как дамба обвалования, стена в грунте, нагнетательные скважины, горизонтальный и вертикальный дренажи, добывающие скважины, а также мероприятия по технической и биологической рекультивации загрязненных земель.

#### **Мероприятия и функции управляемой системы:**

- дамба обвалования и мероприятия по организации поверхностного стока предназначены для защиты загрязненной территории от затопления во время паводка и предотвращения поверхностного смыва нефтепродуктов; аккумулированный поверхностный сток после предварительного биодеструктирования и доочистки направляется в водооборотные системы промышленных предприятий;

- стена в грунте, представляющая собой противофильтрационную завесу и устраиваемая по контуру нефтяной залежи преимущественно в зоне разгрузки загрязненных потоков, а также нагнетательные скважины обеспечивают подъем несвязных нефтепродуктов, которые захватываются добывающими скважинами;

- добывающие скважины в пределах контура загрязнения в регулируемом режиме откачивают загрязненные подземные воды, которые по системе трубопроводов направляются на очистные сооружения;

- рекультивация загрязненных земель в условиях регулирования гидрохимического режима почв обеспечивает восстановление их продуктивности и создает условия для получения качественной растительной продукции на приусадебных участках и сельскохозяйственных угодьях;

- управление инженерно-экологической системой осуществляют на основе экологического мониторинга, проводимого на рекультивируемой территории.

## 6 ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Государственная политика в сфере воспроизводства, использования и охраны природных ресурсов, охраны окружающей среды подразумевает постановку системы стратегических и тактических целей, которых достигают путем реализации средне- и долгосрочных программ, мер по гарантированному обеспечению экономики природными ресурсами и поддержанию благоприятной среды обитания для населения с учетом требований экологической безопасности и устойчивого развития. Стратегические цели государственной политики в этой сфере:

- создание условий для повышения эффективности использования природных ресурсов:

- обеспечение воспроизводства (восстановления) природных ресурсов:

- повышение защищенности природной среды и обеспечения безопасности жизнедеятельности человека от негативных природных и антропогенных факторов.

Важная составляющая государственной политики – использование и охрана земель. Земли, находящиеся в пределах Российской Федерации, составляют земельный фонд страны. Согласно действующему законодательству и сложившейся практике государственный учет земель в Российской Федерации проводят по категориям земель и угодьям [15].

Цель государственного учета земель – получение систематизированных сведений о количестве, качественном состоянии и правовом положении земель в границах территорий, необходимых для принятия управленческих решений, направленных на обеспечение рационального и эффективного использования земель.

Категория земель – это часть земельного фонда, выделяемая по основному целевому назначению и имеющая определенный правовой режим.

Земельные угодья – это земли, систематически используемые или пригодные к использованию для конкретных хозяй-

ственных целей и отличающиеся по природно-историческим признакам. Учитывают земли по угодьям в соответствии с их фактическим состоянием и использованием.

Земельные угодья делят на сельскохозяйственные и несельскохозяйственные в соответствии с действующими нормами и правилами, принимаемыми на государственном и ведомственном уровнях. Сельскохозяйственные угодья включают: пашню; залежь; кормовые угодья (сенокосы и пастбища); многолетние насаждения. Несельскохозяйственные угодья подразделяются: на земли под поверхностными водными объектами, включая болота: лесные земли и земли под древесно-кустарниковой растительностью; земли застройки; земли под дорогами; нарушенные земли; прочие земли (овраги, пески, полигоны отходов, свалки, территории консервации и т. д.). Плодородие почвы во взаимодействии с другими природными факторами составляет основу производительной силы земли, влияющей на эффективность производства сельскохозяйственной продукции и ее себестоимость. Сохранение почвенного плодородия земель и его рациональное использование при хозяйственной деятельности имеет огромное значение.

### **6.1 Система мероприятий по охране земель**

В результате анализа современного состояния природной среды и сельскохозяйственного производства, оценки динамики изменения качественных показателей земель отмечены сохранение тенденции снижения плодородия почв и ухудшение общей экологической обстановки в агропромышленном комплексе, что может привести к возникновению кризисной ситуации в сфере АПК. Продолжаются следующие негативные процессы:

- дальнейшее сокращение общей площади сельскохозяйственных угодий;
- уменьшение площади орошаемых и осушаемых земель, ухудшение их мелиоративного состояния и хозяйственного использования;
- нарастание отрицательного баланса гумуса на пашне (до 1..3 т/га в год);
- усиление процессов эрозии и опустынивания;
- загрязнение почв тяжелыми металлами, радионуклидами;

- увеличение площадей с сильнокислыми почвами, на которых ограничивается сельскохозяйственное производство;
- интенсивное развитие заболачивания и полтопления земель, зарастание их древесно-кустарниковой растительностью, ухудшение естественных лугов и пастбищ [18].

Указанные негативные процессы приведут к резкому сокращению площади сельскохозяйственных угодий, к ухудшению водно-физических, физико-химических свойств почв и снижению их плодородия. В ближайшие 10...15 лет, особенно в нечерноземной зоне, плодородие почв может снизиться до естественного, а урожайность зерновых до 0,8...1 т/га. Экологическая устойчивость природных систем в результате развития указанных процессов значительно понизится, поэтому в основных направлениях агропродовольственной политики Правительства Российской Федерации предусмотрено оказание государственной поддержки сельхозтоваропроизводителям при проведении единой технологической политики в области мелиорации земель и в выполнении агрохимических, противоэрозийных, агролесомелиоративных, культуртехнических, организационно-хозяйственных мероприятий и других работ.

Система мероприятий представляет собой комплекс взаимосвязанных технических, организационных, технологических, хозяйственных и экологических мероприятий, направленных на эффективное использование земли и повышение плодородия почв. Эти мероприятия должны иметь финансовое, материально-техническое, научное, информационное и кадровое обеспечение.

Комплекс мер воздействия на сохранение и воспроизводство плодородия включает: освоение современных систем земледелия и землеустройства; агрохимические мероприятия; агролесомелиоративные и фитомелиоративные мероприятия; гидромелиоративные и культуртехнические мероприятия.

Важное звено – схемы и проекты землеустройства, позволяющие учитывать конкретные условия землепользования, его почвенно-климатические ресурсы, ландшафт используемых земель и на этой основе дифференцированно определять по каждому хозяйству комплекс взаимосвязанных сбалансированных мероприятий по использованию и охране земель, повышению

плодородия почв, формированию экологически безопасных агроландшафтов. Проекты землеустройства предусматривают применение оптимального комплекса мероприятий с наиболее экономным и адаптированным к ландшафту расходом ресурсов. Необходимо вводить почвозащитные севообороты и технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе минимизации обработки почв, внедрять ее безотвальную обработку с учетом почвенно-климатических условий конкретных регионов, осваивать технологические приемы снижения отрицательного воздействия на почву технических средств, приводящего к уплотнению и разрушению структуры почв, и обеспечить применение всего комплекса агрохимических приемов.

Основные задачи мониторинга состояния земель следующие:

- своевременное выявление изменений состояния плодородия сельскохозяйственных угодий:

- оценка, прогноз и разработка рекомендаций по эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения, предупреждению и устранению последствий негативных процессов;

- информационное обеспечение земельного кадастра и государственного контроля почвенного плодородия и охраны земель.

Охрана земель включает систему правовых, организационных, экономических, экологических и других мероприятий, направленных на предотвращение деградации, загрязнения, захламления, нарушения земель, других негативных (вредных) воздействий хозяйственной деятельности; обеспечение улучшения и восстановления земель, подвергшихся деградации, загрязнению, захламлению, нарушению, другим негативным (вредным) воздействиям хозяйственной деятельности.

В целях охраны земель собственники земельных участков, землепользователи, землевладельцы и арендаторы земельных участков обязаны проводить мероприятия:

- по сохранению почв и их плодородия;
- защите земель от водной и ветровой эрозии, селей, подтопления, заболачивания, вторичного засоления, иссушения,

уплотнения, загрязнения радиоактивными и химическими веществами, захламления отходами производства и потребления, загрязнения, в том числе биогенного загрязнения, и других негативных (вредных) воздействий, в результате которых происходит деградация земель;

– защите сельскохозяйственных угодий и других земель от заражения бактериально-паразитическими и карантинными вредителями и болезнями растений, зарастания сорными растениями, кустарниками и мелколесьем, иных видов ухудшения состояния земель:

– ликвидации последствий загрязнения, в том числе биогенного загрязнения, и захламления земель;

– сохранению достигнутого уровня мелиорации;

– рекультивации нарушенных земель, восстановлению плодородия почв, своевременному вовлечению земель в оборот;

– сохранению плодородия почв и их использованию при проведении работ, связанных с нарушением земель.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 1 Гидравлический расчет трапецидальных каналов

Данные для расчета приводятся в таблице 1.1. Заданы расчетный расход  $Q$ , который принимается по номеру варианта (например, вариант № 20, расход  $20 \text{ м}^3/\text{с}$ ), уклон дна канала  $i$ , тип грунта, мутность потока  $\rho$ , расчетное удельное сопротивление дна связных грунтов  $C_y$ , гранулометрический состав взвешенных наносов и их процентов содержание.

**Задание.** Рассчитать канал трапецидального сечения на равномерное движение. Определить ширину и глубину канала по дну. Проверить канал на размыв и заилиение. Вычертить в масштабе 1:100 поперечный профиль канала (рис. 1.2).

При расчете каналов на равномерное движение используется формула Шези

$$V = C \sqrt{Ri}, \quad (1.1)$$

где  $V$  - средняя скорость движения воды в канале, м/с;

$C$  - коэффициент Шези  $\text{м}^{0,5}/\text{с}$ ;

$R$  - гидравлический радиус, м.

Расход воды в канале определяется из формулы расхода

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}, \quad (1.2)$$

где  $Q$  - расход воды в канале,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\omega$  - площадь живого сечения потока в канале,  $\text{м}^2$ .

При определении параметров, входящих в формулы (1.1) и (1.2) пользуются следующими зависимостями.

Коэффициент Шези,  $\text{м}^{0,5}/\text{с}$

$$C = (1/n)R^y, \quad (1.3)$$

где  $n$  – показатель шероховатости русла канала (принимается по [1]);

$y$  – показатель степени, принимается 1/6.

Гидравлический радиус, м

$$R = \chi/\omega, \quad (1.4)$$

где  $\chi$  – смоченный периметр, м.

Смоченный периметр для трапецидального канала, м

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2}, \quad (1.5)$$

где  $b$  – ширина канала по дну, м;  
 $h$  – глубина воды в канале, м;  
 $m$  – коэффициент заложения откосов ( $m = ctg\alpha$ ) [1].  
 или

$$\chi = h(\beta + 2\sqrt{1+m}), \quad (1.6)$$

где  $\beta$  – относительная ширина канала по дну ( $\beta = b/h$ ).  
 Площадь живого сечения трапецидального канала, м<sup>2</sup>

$$\omega = h(b + mh), \quad (1.7)$$

или при неизвестной ширине канала по дну  $b$

$$\omega = h^2(\beta + m). \quad (1.8)$$

Канал рассчитывается так, чтобы выполнялось условие, при котором не происходит его размыв или заиливание наносами

$$V_3 < V < V_p, \quad (1.9)$$

где  $V_3$  – минимальная незаилающая скорость при равномерном движении воды, м/с;

$V_p$  – максимально допустимая неразмывающая скорость при равномерном движении, м/с.

Максимально допустимая неразмывающая скорость определяется по формулам и таблицам в зависимости от материала смоченной поверхности и глубины потока. Минимальная незаилающая скорость находится по формуле Е. А. Замарина

$$V_3 = \left( \frac{\rho W_0}{0.022} \sqrt{\frac{W}{Ri}} \right), \quad (1.10)$$

где  $W_0$  – условная гидравлическая крупность наносов, м/с;  
 $W$  – средневзвешенная гидравлическая крупность наносов, м/с.

$$\bar{W} = \frac{\sum W_i P_i}{\sum P_i}, \quad (1.11)$$

$$W_i = \frac{W_1 + W_2 \sqrt{W_1 + W_2}}{3}, \quad (1.12)$$

где  $W_1, W_2$  – гидравлические крупности наносов, соответствующие диаметрам частиц наносов  $d_1$  и  $d_2$ ;  
 $P_i$  – процентное содержание каждой фракции наносов.

**Таблица 1.1**

**Исходные данные к расчету**

Наименование		Варианты										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Тип грунтов, слагающих русло канала		Супесь	Суглинок	Суглинок средний	Суглинок тяжелый	Глина	Глина тяжелый	Песок	Суглинок средний	Глина	Песок	
Расчетное удельное сцепление грунта, г/см <sup>2</sup>		0,02	0,12	0,18	0,20	0,23	0,25	-	0,19	0,22	-	
Диаметр фракций, мм	0,5...0,25	Содержание фракций, %	5	8	10	4	5	3	9	4	2	12
	0,25...0,1		10	15	15	12	35	12	11	12	8	13
	0,1...0,05		15	20	25	14	10	15	14	15	10	10
	0,05...0,02		20	25	25	30	20	30	26	34	40	30
	0,02...0,01		50	32	25	40	30	40	40	35	40	35
Мутность потока $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>		0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0	
Уклон $i$ , ‰		0,0002	0,00025	0,0003	0,00035	0,0004	0,00045	0,0005	0,00055	0,0006	0,000265	

При определении средневзвешенной гидравлической крупности наносов можно пользоваться справочной литературой [1] или данными таблицы 1.2.

*Таблица 1.2*  
*Гидравлическая крупность при температуре 20°С*

d, мм	0,5	0,25	0,1	0,05	0,02	0,01
W, мм/с	40,2	26,02	6,63	2,27	0,36	0,09

Условная гидравлическая крупность принимается

$$W_0 = \bar{W}, \text{ если } 0,002 < W < 0,008 \text{ м/с}; \quad (1.13)$$

$$W_0 = 0,002 \text{ м/с, если } 0,0004 < \bar{W} < 0,002 \text{ м/с.}$$

В случае, когда  $V > V_p$  необходимо крепление русла канала. В случае, когда  $V < V_z$  необходимо периодически очищать русло канала от наносов.

**Порядок выполнения расчета.** Гидравлический расчет каналов на равномерное движение производится по трем расходам:  
– расчетному (нормальному), для определения гидравлических элементов, соответствующих нормальным условиям его работы;

– форсированному, для определения необходимого превышения дамб над уровнем воды и проверки канала на неразмываемость;

– минимальному, для проверки условий командования над каналами младшего порядка и на незаиляемость канала.

Нормальный расход принимается по номеру варианта.

Форсированный расход определяют по формуле

$$Q_\phi = K_\phi \cdot Q, \quad (1.14)$$

где  $K_\phi$  - коэффициент форсирования (он принимается равным  $K_\phi = 1,15 - 1,20$  при  $Q = 1 - 10 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $K_\phi = 1,1 - 1,15$  при  $Q > 10 \text{ м}^3/\text{с}$ );

$Q$  - нормальный расход, м<sup>3</sup>/с.

Минимальный расход  $Q_{min}$  принимается не менее 40 %

от величины нормального расхода.

При неизвестных величинах канала - ширине по дну  $b$  и нормальной глубине задаются относительной шириной канала  $\beta$ . Для оросительных каналов рекомендуется величину  $\beta$  принимать в диапазоне от 2,2 до 5,0 [2].

Далее расчет по вычислению нормальной глубины в трапециевидальном канале ведется в табличной форме методом подбора.

Приняв  $\beta$  в пределах от 2,2 до 5,0 и, задаваясь глубинами  $h$ , по формулам (1.3), (1.4), (1.6) и (1.8) определяются значения  $C$ ,  $R$ ,  $\chi$  и  $\omega$ , а также расходная характеристика  $K$  по формуле (1.15), которые заносятся в таблицу 1.3.

$$K = \omega C \chi \sqrt{R}, \quad (1.15)$$

**Таблица 1.3**

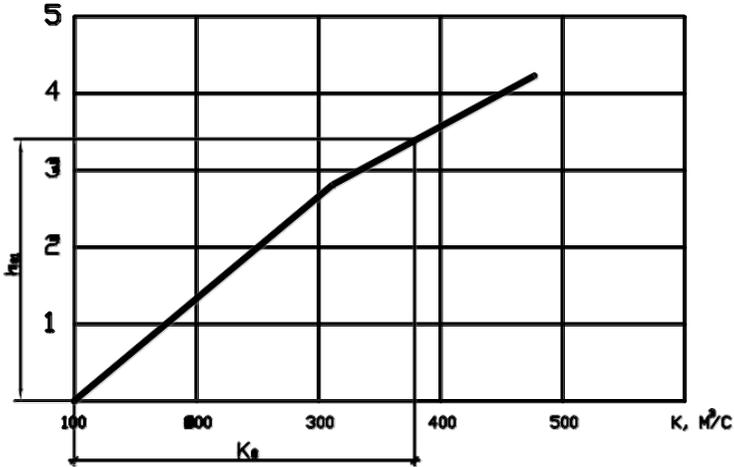
**Определение расходной характеристики канала**

$h, \text{ м}$	$\omega, \text{ м}^2$	$\chi, \text{ м}$	$R, \text{ м}$	$C, \text{ м}^{0,5}/\text{с}$	$K, \text{ м}^3/\text{с}$	$K_0, \text{ м}^3/\text{с}$
$h_1$	$\omega_1$	$\chi_1$	$R_1$	$C_1$	$K_1$	$const$
$h_n$	$\omega_n$	$\chi_n$	$R_n$	$C_n$	$K_n$	

Расходная характеристика  $K_0$  соответствующая нормальному расходу при данном уклоне вычисляется по формуле

$$K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}}, \quad (1.16)$$

Для определения  $h$  и  $b$  удобно пользоваться графоаналитическим способом. По данным таблицы 1.3 строится график  $K = f(h)$  (рис.1.1). По оси абсцисс графика



*Рис. 1.1. Зависимость расходной характеристики от глубины в трапецидальном канале*

Далее находится действительная ширина канала по дну  $b$  по формуле

$$b = \beta \cdot h_0, \quad (1.17)$$

где  $h_0$  - нормальная глубина, найденная по графику (рис. 1.1), м.

Вычисленное значение ширины канала округляется до стандартного значения.

При расходах  $Q = 1 - 10 \text{ м}^3/\text{с}$  ширину канала рекомендуется принимать: 1,2; 1,5; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0 м; при расходах  $Q > 10 \text{ м}^3/\text{с}$  значения  $b$  принимаются целыми значениями, т.е.: 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 м и т. д.

Приняв стандартное значение ширины канала по дну, уточняется глубина равномерного движения  $h_0$ . При уточнении глубины канала можно использовать основной графо-аналитический способ. Расчет ведется в таблице 1.4.

Таблица 1.4

## Уточнение расходной характеристики канала

$h, \text{м}$	$b, \text{м}$	$\omega, \text{м}^2$	$\chi, \text{м}$	$R, \text{м}$	$C, \text{м}^{0,5}/\text{с}$	$K, \text{м}^3/\text{с}$	$K_0, \text{м}^3/\text{с}$	
$h_1$	$const$	$\omega_1$	$\chi_1$	$R_1$	$C_1$	$K_1$	$const$	
$h_n$		$\omega_n$	$\chi_n$	$R_n$	$C_n$	$K_n$		

По данным таблицы 1.4 строится график  $K = f(h)$  при стандартном значении ширины канала по дну (рис. 1.2). По значению  $K_0$  находится искомая глубина  $h_0$ .

Используя построенный график  $K = f(h)$ , определяются глубины  $h_{\max}$  и  $h_{\min}$ , соответствующие расходам  $Q_{\phi}$  и  $Q_{\min}$ . Для этого находят соответствующие расходные характеристики из выражения

$$K_{\max} = Q/\sqrt{i}, \quad K_{\min} = Q_{\min}/\sqrt{i}, \quad (1.18)$$

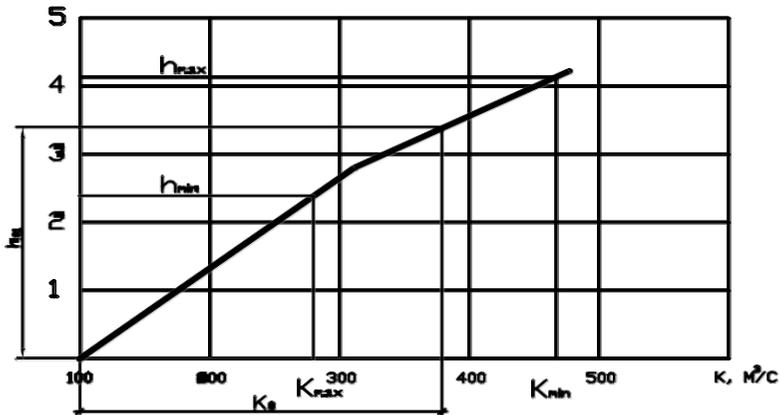


Рис. 1.2. Зависимость расходной характеристики от глубины в трапециевидном канале

Далее определяются скорости  $V_3$  и  $V_p$ .

Вычисляются средние скорости движения воды в канале при соответствующих расходах

$$V = \frac{Q}{\omega}, \quad (1.19)$$

где  $\omega = h(b + mh)$ .

$$V = \frac{Q_{\Phi}}{\omega_{max}}, \quad (1.20)$$

где  $\omega_{max} = h_{max}(b + mh_{max})$ .

$$V = \frac{Q_{min}}{\omega_{min}}, \quad (1.21)$$

где  $\omega_{min} = h_{min}(b + mh_{min})$ .

Производится сравнение полученных скоростей с допустимыми для данного канала, при этом должно выполняться условие (1.9).

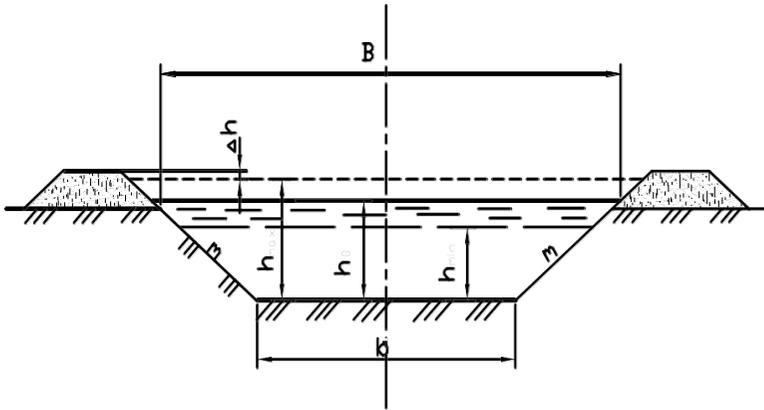
Для построения проектного сечения оросительного канала необходимо назначить превышения гребней дамб над форсированным уровнем воды, значения которых приведены в таблице 1.5.

**Таблица 1.5**

**Превышения гребня дамбы над форсированным уровнем воды**

Расход, м <sup>3</sup> /с	Превышение $\Delta h$ , м
До 10	0,3
10...30	0,4
30...50	0,5

Проектное сечение оросительного канала строится в соответствующем масштабе на формате А4.



*Рис.1.3. Поперечное сечение оросительного канала*

## 2 Построение продольного профиля канала

Построение продольного профиля канала представляет собой выполненный на миллиметровой бумаге чертёж, на котором изображено положение поверхности земли по оси и его дно. Следовательно, продольный профиль показывает также глубину канала в различных точках по его длине и величину продольного уклона дна.

При построении продольного профиля горизонтальные и вертикальные масштабы принимают разными. Горизонтальный масштаб принимают равным масштабу плана 1:2000, а вертикальный 1:100.

Продольные уклоны осушителей проектируют в пределах 0,0005 – 0,01, лучшие – 0,001 – 0,003.

Глубина канала зависит от метода осушения, расстояния между осушителями и от почвы. Принимаем проектную глубину открытого осушителя 1,0 м, так как осушаемая территория после мелиорационного строительства будет использоваться как кормовой севооборот, а почвы участка как минеральные.

Построение продольного профиля проводят в следующей последовательности:

- вычерчивание основания профиля;

- определение положения поверхности по оси канала;
- проектирование дна канала;
- определение уклона и отметок дна канала, глубина канала.

При проектировании дна канала руководствуются следующими указаниями: уклон по дну канала должен быть по возможности одинаковым по всей длине канала и находиться в допустимых пределах; глубина канала в различных точках сечения по возможности должна соответствовать проектной.

Выполняем построение продольных профилей (рис. 2.1):

1. Разбиваем трассу коллектора на пикеты через 100 м.
2. Наносим линию поверхности земли по точкам пересечения трассы с горизонталями местности; затем определяем отметки поверхности земли на каждом пикете.
3. По трассе коллектора находим диктующую точку (наиболее пониженную по трассе) и откладываем глубину дрен в устье. Через полученную точку проектируем дно коллектора с уклоном  $i \geq 0,002$ . Если уклон поверхности земли по трассе коллектора изменяется, то предусматриваем также изменение уклона дна.
4. По уклону рассчитываем проектные отметки дна коллектора и записываем в соответствующую строку.
5. По разнице отметок поверхности земли и дна коллектора рассчитываем глубину выемки.
6. Заполняем строки «Расстояние» и «План трассы».

Строим продольный профиль по трассе коллектора (см. рис. 2.1). Профили по закрытым коллекторам вычерчиваются в масштабах: вертикальный – 1: 100; горизонтальный – 1: 2000.

Определяя на плане места пересечения трассы коллектора с горизонталями местности, получаем линию поверхности земли. Отметки поверхности земли на каждом пикете находим по профилю и вписываем в верхнюю строку таблицы.

Трасса коллектора проходит через замкнутое понижение с минимальной отметкой 108,80 м. Для предотвращения застоя поверхностных вод в понижении и увеличения глубины коллектора предусматриваем его засыпку до отметки 109,00 м.

В диктующей точке (после засыпки понижения такой будет являться место смены уклона поверхности земли, т. е. ПК 2 + 60) откладываем глубину дрен  $t = 1,2$  м.

Через диктующую точку проектируем дно коллектора: выше по течению от нее – параллельно поверхности земли, так как уклон поверхности значительный, ниже – с минимальным уклоном  $i = 0,002$  (поверхность земли без уклона).

Отметки дна коллектора определяем начиная с диктующей точки. Отметку дна в диктующей точке находим как разность отметки поверхности земли на ПК 2 + 60 и глубины дрен  $t = 1,2$  м;

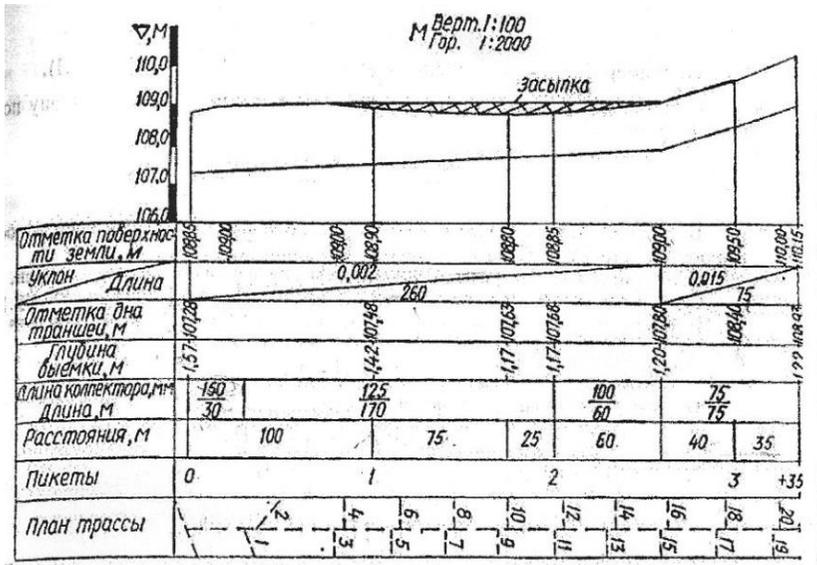
$$V_{\text{дна д.т}} = 109,00 - 1,2 = 107,80 \text{ м.}$$

Отметки дна коллектора ниже ПК 2 + 60 определяются по формуле

$$V_{\text{дна т}} = V_{\text{дна д.т}} - i l_i$$

где  $i = 0,002$  - уклон дна коллектора;

$l_i$  - удаление расчетной точки от диктующей, м.



Например:  $V_{\text{дна ПК2}} = 107,80 - 0,002 \cdot 60 = 107,68$  м (рис. 2.1),

Отметки дна коллектора справа от ПК 2 + 60 определяем по уклону поверхности земли

$$I = \frac{110,15 - 109,00}{75} = 0,015.$$

Вычисляем глубину выемки по трассе коллектора и записываем в соответствующую строку таблицы.

Вычерчиваем план трассы с нанесением впадающих в коллектор дрен.

Схемы топопланов по вариантам представлены в приложении 4.

### 3 Гидравлический расчет водосливов с широким порогом

**Данные для расчета.** Расход воды принимается по номеру варианта. Шлюз - регулятор, он же водослив с широким порогом, находится на трапецидальном канале. Все параметры канала нормальная глубина  $h_0$ , ширина канала по дну  $b$ , максимальная глубина  $h_{\max}$ , минимальная глубина  $h_{\min}$ , коэффициенты  $m$  и  $n$ , уклон дна канала  $i$  принимаются из первой задачи. Известны глубина перед порогом водослива  $h_1$ , а также отметка порога водослива, дна подводящей и отводящей части канала (табл. 3.1).

Определить ширину водосливного фронта водослива с широким порогом из условия пропуски по каналу форсированного расхода  $Q_{\phi}$ . При расчете водослива необходимо учесть его конструктивные особенности (входная часть, условия входа потока на водослив в плане).

Расход воды через водослив с широким порогом находится по формуле

$$Q = m \cdot \varepsilon \cdot \sigma_n \cdot b_{\phi} \cdot 2g \cdot H^3|2, \quad (3.1)$$

где  $m$  - коэффициент расхода водослива с широким порогом;

$\varepsilon$  - коэффициент бокового сжатия;

$n$  - коэффициент подтопления водослива;

$b_{\phi}$  - ширина водосливного фронта, м;

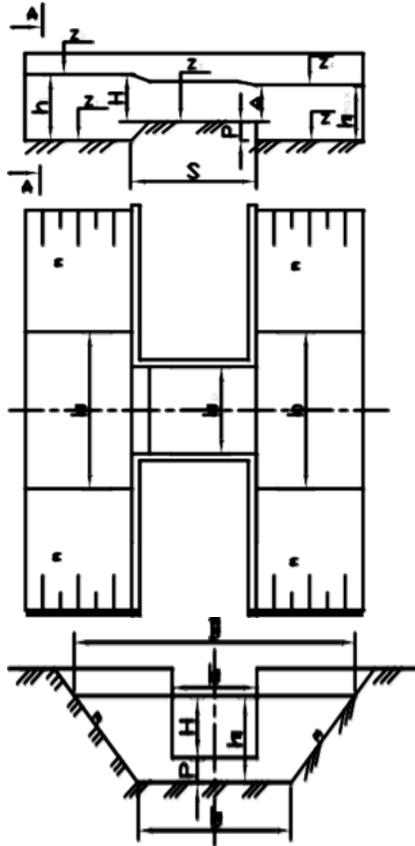
$H_0$  - напор на водосливе с учетом скорости подхода, м.

Таблица 3.1

*Исходные данные для расчета водослива с широким порогом*

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Глубина воды перед водосливом $h1$ , м	$1,25 h$	$1,2 h$	$1,3 h$	$1,35 h$	$1,2 h$	$1,4 h$	$1,45 h$	$1,25 h$	$1,2 h$	$1,35 h$
Отметки $Z1$ , м	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Z3$ , м	0,3	0,2	0,15	0,25	0,2	0,3	0,2	0,15	0,2	0,25
$Z5$ , м	0	0,1	0	0,05	0,05	0,1	0,2	0	0,1	0,15
Ширина водослива $S$ , м	5Н	6Н	7Н	8Н	2Н	3Н	4Н	2,5Н	3,5Н	4,5Н
Условия входа потока на водослив	плавный					неплавный				

Примечание: 1. Глубина потока  $h$  соответствует расходу  $Q_{\text{ф}}$ . 2. Отметки  $Z2 = Z1 + h1$ ;  $Z4 = Z5 + h0$ .



*Рис.3.1. Водослив с широким порогом*

Коэффициент расхода водосливов с широким порогом находится от 0,32 до 0,385 [1].

Коэффициент бокового сжатия  $\epsilon$  зависит от соотношения  $b_v/b$  (где  $b$  - ширина по дну подводящей части канала).

Если водослив подтоплен, то  $n < 1$ . Водослив считается подтопленным, когда выполняется условие

$$\Delta/H_0 \geq 0,75 \quad (3.2)$$

где  $\Delta = h_{\max} - P$  (см. на рис. 2.1), м;

$$H_0 = H + \frac{\alpha C V^2}{2g}, \text{ м}$$

$H$  – напор на водосливе, м.

На неподтопленном водосливе и при отсутствии бокового сжатия  $\sigma_n = 1$ ;  $\varepsilon = 1$ . Точность расчета водосливов с широким порогом (а также любых водосливов) зависит от правильности выбора коэффициентов  $m$ ;  $\sigma_n$ ;  $\varepsilon$ .

При выборе коэффициентов расхода  $m$ , сжатия  $\varepsilon$  и подтопления  $\sigma_n$  необходимо ознакомиться со справочной литературой [1,3,4,6].

Коэффициент бокового сжатия рекомендуется определять по зависимости Е. А. Замарина

$$z = 1 - 0,2 \xi_y (H_0/b_b), \quad (3.3)$$

где  $\xi_y$  - коэффициент, учитывающий влияние вертикальных ребер устоев на условия входа потока на водослив [6].

#### 4 Гидравлический расчет сопрягающих сооружений

Сопрягающие сооружения устанавливаются на участках каналов с большим уклоном местности. К сопрягающим сооружениям относятся: быстротоки, консольные сбросы и многоступенчатые перепады.

По условию задачи на канале имеется участок с перепадом местности на относительно малой его длине.

**Данные для расчета.** Расход, на который рассчитывается сопрягающие сооружения, принимается по номеру варианта. Исходные данные для расчета приводятся в таблице 4.1. Параметры канала известны из первой задачи, т.е. заданы ширина канала по дну  $b$ , коэффициент заложения откосов  $m$ , коэффициент шероховатости русла канала  $n$ , нормальная глубина  $h_0$ .

**Состав расчета.** В зависимости от варианта (табл. 4.1) рассчитать сопрягающее сооружение: быстроток, консольный сброс и многоступенчатый перепад.

Запроектировать и рассчитать гаситель энергии: водобойная стенка, водобойный колодец или воронка размыва.

При расчете сопрягающего сооружения учесть его конструктивные особенности (входная часть).

Таблица 4.1

## Исходные данные к расчету сопрягающих сооружений

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип сопрягающего сооружения	быстроток				многоступенчатый перепад				консольный сброс	
Длина участка с перепадом местности $L, м$	50	60	70	80	24	34	40	48	45	55
Перепад участка местности по трассе канала $P, м$	5	12	16	20	6	8	10	12	16	20
Высота $P_k, м$	-	-	-	-	-	-	-	-	7	4
Уклон носка консоли	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	0,05
Тип гасителя энергии	водобойная стенка		водобойный колодец		водобойная стенка		водобойный колодец		воронка размыва	
Материал сопрягающих сооружений	железобетон									

**Ход расчета.****Расчет быстротока.** *Расчет входной части.*

Входная часть быстротока представляет собой водослив и рассчитывается собой водослив с широким порогом или водослив практического профиля прямоугольного сечения, без бокового сжатия.

Расчет входа сводится к определению ширины водосливного фронта. Ширина водосливного фронта быстротока на всем протяжении принимается постоянной и равной ширине лотка  $b_{л}$  и находится по формуле 4.1

$$b_{exl} = \frac{Q}{m\sqrt{2g\alpha H_0^{3/2}}}, \quad (4.1)$$

где  $Q$  – расчетный расход, заданный по варианту, м<sup>3</sup>/с;  
 $m$  – коэффициент расхода водослива

$$H_0 = h_0 \sqrt[3]{\frac{\alpha \chi V_0^2}{2g}},$$

На входе быстротока ( $V_0$  - принимается из первой задачи, м/с,  $h_0$  - нормальная глубина воды в канале).

*Расчет лотка быстротока.* Расчет лотка быстротока заключается в расчете и построении в нем кривой свободной поверхности воды.

Поперечное сечение лотка принимаем прямоугольной формы шириной равной ширине входной части.  $b_{вх} = b_{л}$ .

Определяется глубина воды в начале лотка:

$$h_1 = (0,8 - 0,9)h_{кр}.$$

Критическая глубина воды на лотке находится из выражения

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \chi Q^2}{g b_{л}}}, \quad (4.2)$$

Далее определяются размеры лотка быстротока. Длина быстротока находится по формуле

$$L_{\sigma} = \sqrt{P^2 + L^2}, \quad (4.3)$$

где  $P$  – перепад местности по трассе канала, м;  
 $L$  – длина участка с перепадом местности, м.

Уклон лотка быстротока находится по формуле

$$i_{л} = \frac{P}{L_{\sigma}}, \quad (4.4)$$

где  $L_{\sigma}$  – длина быстротока, м.

Определяется тип кривой свободной поверхности на быстротоке. Для этого находится нормальная глубина на водоскате  $h_{01}$ .

**Таблица 4.2**

**Определение расходной характеристики**

$h$ , м	$b_{л}$ , м	$\omega$ , м <sup>2</sup>	$\chi$ , м	$R$ , м	$C$ , м <sup>0,5</sup> /с	$K$ , м <sup>3</sup> /с	$K_0$ , м <sup>3</sup> /с
$h_1$	<i>const</i>	$\omega_1$	$\chi_1$	$R_1$	$C_1$	$K_1$	<i>const</i>
$h_n$		$\omega_n$	$\chi_n$	$R_n$	$C_n$	$K_n$	

Расходная характеристика  $K_0$ , соответствующая нормальному расходу при данном уклоне вычисляется по формуле

$$K_0 = Q/\sqrt{i_{л}}, \quad (4.5)$$

По данным таблицы 4.2 строится график

$$K = f(h) \text{ (рис. 4.2).}$$

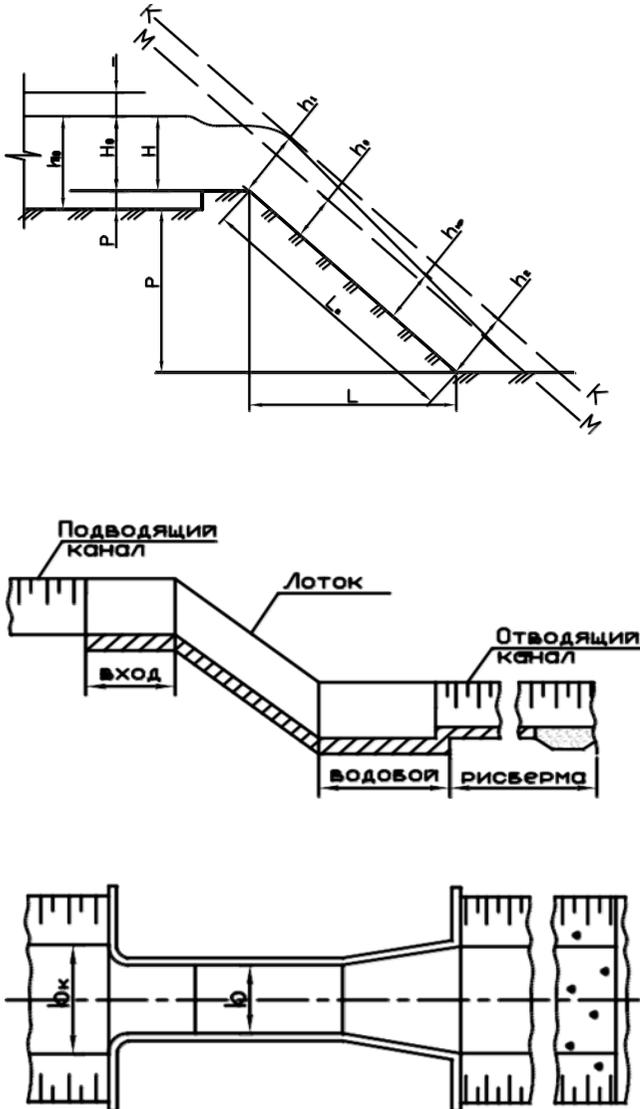


Рис.4.1. Схема быстротока

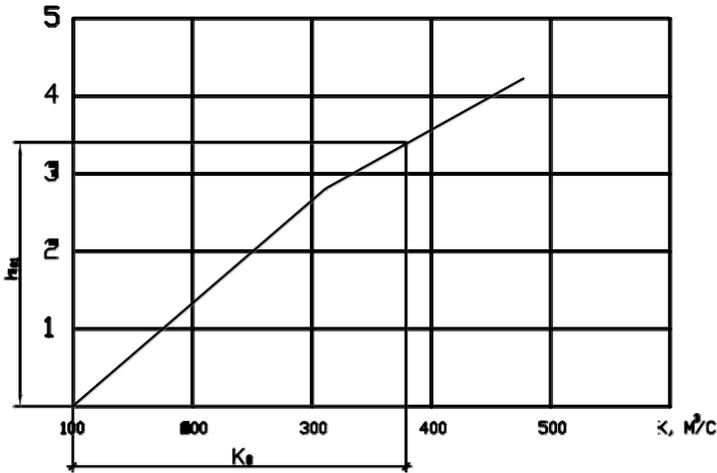


Рис.4.2. График зависимости  $K = f(h)$ .

По оси абсцисс графика (рис.4.2) откладывается значение  $K_0$ , восстанавливается перпендикуляр к кривой  $K = f(h)$ . Пересечение кривой и перпендикуляра дает значение искомой (нормальной) глубины  $h_{01}$ . Определяется тип кривой свободной поверхности из выражений (4.6) и (4.7).

$$\begin{cases} h_{01} > h_1 > h_{кр} \\ i_{кр} > i_{л} \end{cases}, \quad (4.6)$$

где  $i_{кр}$  – критический уклон в лотке.

$$\begin{cases} h_{01} < h_1 < h_{кр} \\ i_{кр} < i_{л} \end{cases}, \quad (4.7)$$

Критический уклон в лотке равен

$$i_{кр} = (Q | (\omega_{кр} C_{кр})) \sqrt[3]{\frac{1}{R_{кр}}}, \quad (4.8)$$

где -  $\omega_{кр} = b_{л} h_{кр}$ ;  $\chi_{кр} = b_{л} + 2h_{кр}$ ;  $C_{кр} = \frac{1}{n_{л}} \sqrt[6]{R_{кр}}$ ;  $B_{кр} = b_{л}$

Если выполняется условие (4.6), то на лотке устанавливается тип кривой свободной поверхности – кривая спада типа  $b_1$ .

Если выполняется условие (4.7), то на лотке устанавливается тип кривой свободной поверхности – кривая спада типа  $b_2$ .

Далее по способам Б. А. Бахметева, В. И. Чарномского или Н. Н. Павловского (в зависимости от задания по варианту) рассчитывается кривая свободной поверхности в лотке быстрого тока (1.4 - 1.12).

*Расчет гасителя энергии потока в нижнем бьефе сооружения.*

Тип гасителя энергии принимается согласно варианта (табл. 4.1). Глубина в конце лотка быстрого тока принимается за первую сопряженную глубину гидравлического прыжка. Вторая сопряженная глубина определяется из уравнения гидравлического прыжка или по способу Агроскина. Расчет сопряженных глубин приводится в литературе [1,4,7], а гасителей энергии по [1,4,6].

Длина рисбермы принимается равной

$$L_p = (12 \div 15) \cdot h_0. \quad (4.9)$$

**Расчет консольного сброса.** *Расчет входной части.* Входная часть консольного сброса представляет собой водослив и рассчитывается собой водослив с широким порогом или водослив практического профиля прямоугольного сечения, без бокового сжатия.

Расчет входа сводится к определению ширины водосливного фронта. Ширина водосливного фронта сброса на всем протяжении принимается постоянной и равной ширине лотка  $b_n$  и находится по формуле 4.10

$$b_{вхл} = \frac{Q}{m\sqrt{2g}} H_0^{\frac{3}{2}}, \quad (4.10)$$

где  $Q$  – расчетный расход, заданный по варианту, м<sup>3</sup>/с;  
 $m$  – коэффициент расхода водослива;

$H_0 = h_0 + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$  - напор воды с учетом скорости подхода на входе консольного сброса ( $V_0$  - принимается из первой задачи, м/с,  $h_0$  - нормальная глубина воды в канале).

*Расчет лотка консольного сброса.* Расчет лотка консольного сброса принимается прямоугольной формы и рассчитывается так же как и лоток быстротока по формулам (4.2 - 4.9).

*Расчет консоли и дальности отлета струи.* Расчет консоли рассматривается в литературе [7]. Если консоль устраивается шириной, равной ширине лотка консольного сброса, то можно принять глубину в конце консоли равной глубине в начале консоли, т.е.

$$h_{kk} = h_2, \quad (4.11)$$

где  $h_{kk}$  - глубина в конце консоли, м.

Дальность отлета струи без учета аэрации потока и сопротивления воздуха вычисляется по формуле

$$l_0 = 2H \left( l_k + \sqrt{\frac{2P_k + h_{kk}}{H}} \right), \quad (4.12)$$

где  $H = \frac{v^2}{\varphi^2 \chi 2g}$  - напор воды на консоли, м;

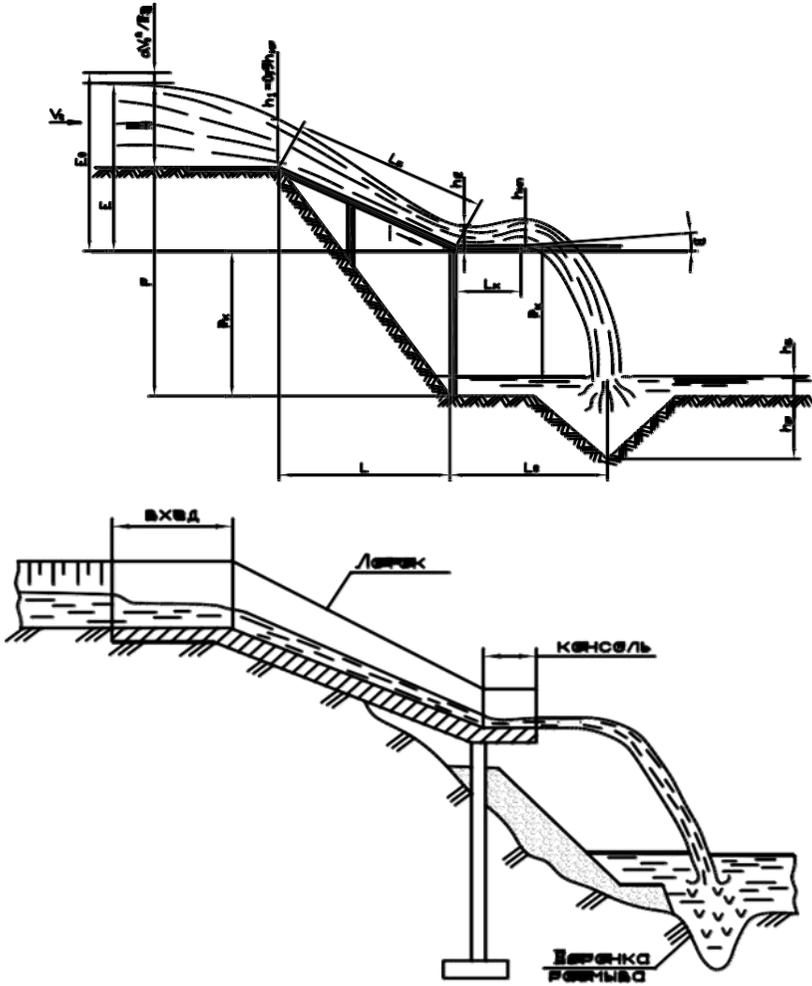


Рис.4.3 – Схема консольного сброса

$V = \frac{Q}{h_{кк} \cdot b_{кк}}$ , - скорость воды на носке консоли, м/с;

$\theta$  – скоростной коэффициент,  $\theta=0,95$ ;

$P_k$  – высота консоли, м;

$i_k$  – уклон носка консоли.

*Расчет воронки размыва.* Глубина воронки за консольным сбросом определяется по формуле А. Н. Патрашева

$$h_{\text{в}} = \sigma_p \left( \frac{Q}{b_{\text{кк}}} \right)^{0,25} \zeta \left( \frac{Z_0}{d_m} \right)^{0,25} - h_{\text{б}}, \quad (4.13)$$

где  $b_{\text{кк}}$  - ширина поперечного сечения носка консоли, м;  
 $h_{\text{б}}$  - глубина воды в нижнем бьефе (бытовая глубина), м;  
 $\sigma_p$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от диаметра зерен грунта (табл. 4.5);  
 $Z_0$  - напор, определяемый по формуле

$$Z_0 = P + h + \frac{\alpha V^2}{2g} - h_{\text{б}}, \quad (4.14)$$

где  $d_m$  - диаметр зерен грунта, мм, принимаемый как диаметр зерен, меньше которых в данном грунте содержится 90% зерен по массе.

Для несвязных грунтов можно принимать значения  $d_m$  по таблице 4.3.

**Таблица 4.3**

**Значения диаметра зерен грунта,  $d_m$ , мм**

Вид грунта	песок	гравий	щебень
$d_m$	0,5 - 1	1 - 10	20 - 80

Связные глинистые и суглинистые грунты, по предложению Н. Н. Беляшевского, можно условно привести к несвязным грунтам с эквивалентными диаметрами (табл. 4.4).

**Таблица 4.4**

**Значения  $d_m$  для плотных грунтов**

Грунты	$d_m$ , мм
малой плотности	0,7
средней плотности	6,0
плотные	18,0
очень плотные	50,0

Коэффициент  $\sigma_p$  по предложению М. Д. Чертоусова, в зависимости от диаметра зерен грунта имеет следующие значения, приведенные в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Значения коэффициента  $\sigma_p$ 

$d_m$ , мм	0,5 – 4	4 – 8	8 – 12	12 – 15
$\sigma_p^{0,5}$	4,25 – 4,10	4,1 – 3,75	3,75 – 3,05	3,05 – 2,25

Диаметр воронки размыва  $D_p$  при приближенном заложении ее откосов 1:1 определяется из зависимости

$$D_p = 2h_p. \quad (4.15)$$

Расчет воронки размыва приводится в литературе [3,7].

**Расчет многоступенчатого перепада**

*Расчет входной части.* Назначение входной части перепада – пропустить расчетный расход при заданных условиях подводящего канала.

При постоянном расчетном расходе входная часть рассчитывается как водослив с широким порогом или как водослив практического профиля.

*Расчет сопрягающей части.* Составляется расчетная схема перепада с обозначением всех глубин и геометрических размеров (рис. 4.4).

Расчет сопрягающей части заключается в определении числа ступеней, высоты стенок падения, длины ступеней и высоты водобойных стенок на ступенях, обеспечивающих затопление гидравлического прыжка на каждой ступени.

Ширина ступеней принимается равной ширине входной части. Количество ступеней  $n$  рекомендуется определять из условия, при котором не образуется волнового движения на ступенях перепада

$$n \leq \frac{P}{1,25h_{кр}}, \quad (4.16)$$

где  $P$  – перепад участка местности, где проектируется перепад (табл. 4.1);

$h_{кр}$  – критическая глубина потока на ступенях перепада (определяется из формулы 4.2).

Если на сопрягающей части перепада более трех ступеней, то рассчитываются первая, вторая и последняя ступени перепада. Третья и последующие ступени перепада принимаются равной второй ступени перепада. На трехступенчатом перепаде рассчитываются все ступени.

Последняя ступень перепада обеспечивает сопряжение потока с нижним бьефом отводящего канала. Поэтому последняя ступень рассчитывается как гаситель энергии.

При расчете ступеней перепада находится длина ступени и высота водобойной стенки (рис. 4.4).

Длина ступени находится по формуле

$$l_{\text{ст}} = l_{\text{отл.}} + l_{\text{п.п.}} + \delta, \quad (4.17)$$

где  $l_{\text{отл.}}$  – дальность отлета струи, м;

$l_{\text{п.п.}}$  – длина подпертого гидравлического прыжка, м;

$\delta$  – толщина водосливной части, м; принимается конструктивно (0,2 - 0,3) м.

Высота водобойной стенки находится из формулы

$$P = \eta_3 \cdot h_c - H, \quad (4.18)$$

где  $\eta_3$  – коэффициент запаса, принимается (5 - 10), %;

$h_c$  – вторая сопряженная глубина на ступени, м

$H$  – геометрический напор на водобойной стенке, м.

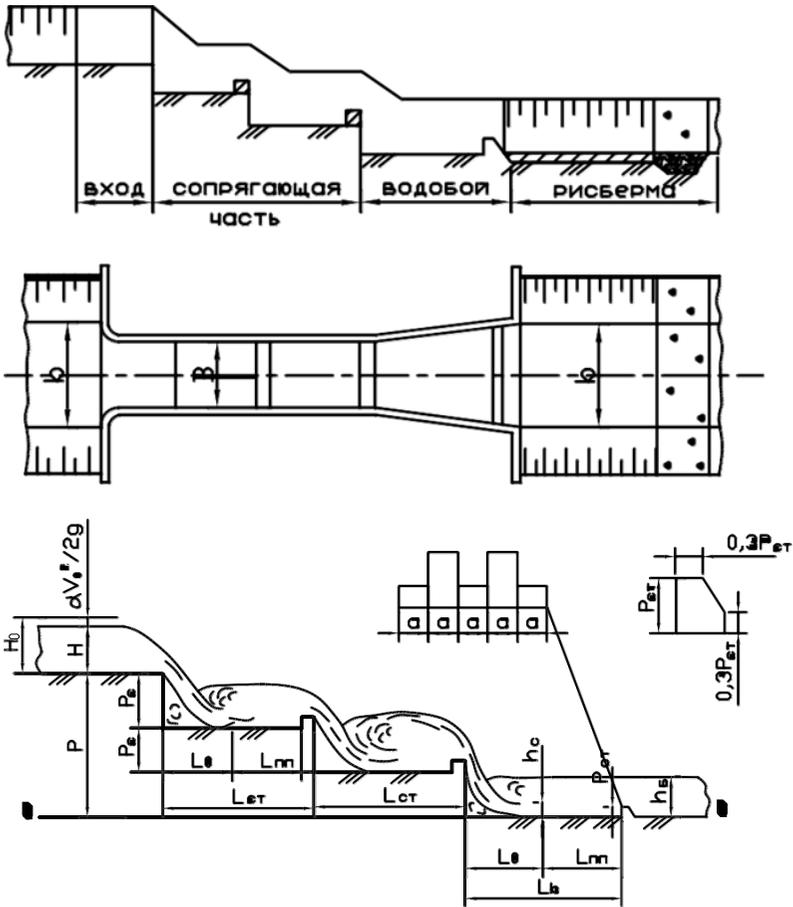


Рис.4.4. Схема многоступенчатого перепада

Длина подпертого гидравлического прыжка вычисляется по формуле

$$l = 0,8 \cdot 2,5(1,9h'' - h'), \quad (4.19)$$

где  $h'_c$  – первая сопряженная глубина на ступени, м.

В месте падения струи на ступень перепада первая сопряженная глубина (сжатая глубина)  $h'_c$  и с ней сопряженная глубина  $h''_c$  находятся методом Агроскина по функции

$$\Phi_{(\tau c)} = \frac{q}{\varphi F^2}, \quad (4.20)$$

где  $q = \frac{Q}{b_{ст}}$  – удельный расход,  $m^2/c$ ;  
 $\varphi$  – коэффициент скорости, принимается равным 0,85;  
 $E$  – удельная энергия потока на ступени перепада, м.

Удельная энергия потока находится по формуле

$$E = P + P_{вх} + H_0, \quad (4.21)$$

где  $P$  – высота перепада, м;  
 $H_0$  – напор над водобойной стенкой (или на входе, если рассчитывается первая ступень), м;  
 $P_{вх}$  – высота входа, принимается (0,3 - 0,5) м.

По функции  $\Phi_{(\tau c)}$  по справочным таблицам (приложение 1) находятся  $\eta'_c$  и  $\eta''_c$ . Определяются сопряженные глубины по формулам

$$h'_c = E \tau'_c, \quad (4.22)$$

$$h''_c = E \tau''_c, \quad (4.23)$$

Находится дальность отлета струи

$$l_{отл} = V \tau \sqrt{\frac{2y}{g}}, \quad (4.24)$$

где  $V$  – скорость на пороге водослива, м/с, равная  $V = q/h_c$ ;  
 $y$  – высота падения струи, м, равная  $y = P + P_{вх} + (h_{кр}/2)$

*Расчет гасителя энергии.* Если сопряженная глубина  $h''_c$  на последней ступени больше бытовой глубины  $h_6$  воды в канале ( $h''_c > h_6$ ), то на ступени перепада сопряжение с нижним бьефом образуется в виде отогнанного гидравлического прыжка. Для обес-

печения надвинутого гидравлического прыжка на ступени необходимо запроектировать гаситель энергии за перепадом в виде водобойной стенки или водобойного колодца (см. табл. 4.1).

Если же сопряженная глубина  $h_c''$  меньше бытовой глубины  $h_b$  воды в канале  $h_c < h_b$ , то на ступени перепада сопряжение с нижним бьефом образуется в виде надвинутого гидравлического прыжка и дополнительного гасителя энергии не требуется.

## **5 Проектирование однородной земляной дамбы и подсчёт объёма земляных работ**

Чтобы построить чертеж однородной земляной дамбы, нужно иметь следующие исходные данные: рельеф местности в районе створа плотины (приложение 2), грунт тела дамбы и основания (суглинок), ширину гребня, отметку НПУ и возвышение гребня дамбы над НПУ (1,5 - 2 м). Величины коэффициентов заложения откосов можно взять из таблицы 5.1.

Чертеж земляной дамбы выполняют в трех проекциях на миллиметровой бумаге карандашом.

**Первая проекция** - продольный разрез вдоль оси дамбы.

**Вторая проекция** - поперечное сечение дамбы в месте ее наибольшей высоты.

**Третья проекция** - план (вид сверху). Расположение проекций на листе бумаги должно быть следующее: продольный разрез помещают наверху слева, поперечное сечение - наверху справа, план - внизу под продольным разрезом. Справа внизу помещают таблицу подсчета объемов земляных работ. Чертеж плотины составляют в следующем порядке.

**Построение продольного разреза.** Длина дамбы равна расстоянию по створу дамбы между горизонталями с отметками, равными отметке гребня. На топографическом плане вдоль створа дамбы намечают точки сечений в характерных местах перегиба рельефа. Затем определяют отметки этих точек и расстояния между ними с учетом масштаба плана и по этим данным строят продольный профиль вдоль створа дамбы. Перед составлением продольного разреза вычерчивают и заполняют графы продольной сетки: номер сечений, расстояния, отметки земли, отметки

гребня, высоты дамбы. Высоту дамбы в каждом сечении вычисляют как разность между отметкой гребня и отметкой земли. При построении профиля рекомендуется принимать следующие масштабы: горизонтальный 1:2000 или 1:5000, вертикальный 1:100.

Для удобства откладывания отметок точек по вертикали над условным горизонтом (верхней линией профильной сетки) надо построить рейку и оцифровать ее в метрах через 1 см с учетом вертикального масштаба. Затем через точки сечений нужно провести вертикали, на которых откладывают от условного горизонта в вертикальном масштабе отметки земли. Соединив по линейке пунктирной линией отмеченные на вертикалях точки, получают профиль земной поверхности вдоль оси дамбы. Ниже этой пунктирной линии параллельно ей проводят сплошную линию на расстоянии толщины снимаемого растительного слоя (0,3 - 0,4 м) и получают основание дамбы. Ниже линии основания под НПУ показывают линию зуба глубиной 2 м. Линию гребня и линию НПУ проводят горизонтально на заданных отметках.

**Построение поперечного сечения.** Его выполняют в одном масштабе, равном вертикальному масштабу на продольном разрезе (1:100). При вычерчивании поперечного сечения линии гребня и основания дамбы проводят на одинаковых уровнях с линией гребня и точкой основания дамбы в месте ее максимальной высоты на продольном разрезе. Отложив заданную ширину гребня в масштабе, сносят вертикальными пунктирными линиями бровки гребня на нижнюю пунктирную линию поверхности земли.

Вычисляют заложение откосов как произведение высоты дамбы на соответствующий коэффициент заложения откоса (заложение верхового откоса равно  $m_1H_n$ , а заложение низового откоса -  $m_2H_n$ ). Отложив на нижней горизонтальной линии от ширины гребня влево заложение мокрого откоса, а вправо сухого и соединив полученные точки пунктиром, получают линию поверхности земли под дамбой. От линии поверхности земли на расстоянии толщины снимаемого растительного слоя показывают сплошной линией основание дамбы. По оси дамбы, ниже ее основания, вычерчивают зуб в виде трапеции в поперечном се-

чении шириной внизу 1 м, глубиной 2 м и с коэффициентом заложения откосов 0,5 - 1.

**Построение плана дамбы.** Его выполняют в двух масштабах: продольный масштаб плана должен быть такой же, как и горизонтальный продольного разреза, а поперечный масштаб можно взять 1:500 или другой по согласованию с преподавателем. Сначала откладывают ширину гребня дамбы и показывают гребень двумя параллельными линиями вдоль створа дамбы. Линиями, перпендикулярными к гребню, сносят на план все сечения с продольного разреза. На этих линиях от бровок гребня откладывают вычисленные заложения: мокрое вверх, а сухое вниз. Соединив полученные точки прямыми линиями, получают очертание основания дамбы. Затем на план наносят горизонт воды в водохранилище. Необходимо помнить, что при построении чертежа земляной дамбы точки сечений оцифровывают слева направо.

**Определение объема земляных работ.** Объемы частей насыпи дамбы между сечениями вычисляют, умножая среднюю площадь поперечного сечения дамбы на расстояние между этими сечениями по формуле

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l, \quad (5.1)$$

где  $V$  - объем части тела насыпи плотины между двумя соседними сечениями, м<sup>3</sup>;

$F_1$  и  $F_2$  - площади поперечных сечений плотины, перпендикулярные к оси, м<sup>2</sup>;

$l$  - расстояние между этими сечениями, м.

Чтобы подсчитать необходимый объем земляных работ, нужно заполнить все графы в таблице 5.2. Делать это необходимо в следующем порядке.

1. В графу 1 выписывают номера сечений, намеченных по длине дамбы в местах перегиба рельефа местности.

2. В каждом сечении определяют и записывают в соответствующие графы таблицы следующие величины:

а) высоту дамбы как разность между отметкой гребня и отметкой земли (графа 2);

б) величины заложения откосов как произведение коэффициента заложения откоса на высоту дамбы в данном сечении (графы 3 и 4);

в) ширину гребня дамбы (графа 5);

г) величины нижнего основания дамбы в данном сечении как сумму ширины гребня и заложений (графа 6);

д) вычисляют среднюю линию трапеции в данном сечении как полусумму ширины гребня и основания (графа 7).

3. Находят величины площадей сечений как произведение полусуммы ширины гребня и нижнего основания на высоту дамбы (графа 8).

4. Определяют средние площади как полусумму площадей соседних сечений и записывают их между строками в графу 9.

5. В графу 10 выписывают между строками расстояния в метрах между сечениями, взятые с продольного разреза дамбы.

6. Вычисляют объемы насыпи между сечениями как произведение средней площади трапеции на расстояние между сечениями и записывают между строками в графу 11.

Полный объем насыпи дамбы получают как сумму всех объемов между сечениями и подписывают внизу под чертой в графе 11.

Объем срезки растительного слоя при подготовке основания под дамбу вычисляют как произведение глубины срезки на площадь основания.

Площадь основания дамбы определяют, как сумму площадей трапеций на плане между сечениями.

В графу 12 записывают между строками полусумму оснований дамбы в смежных сечениях.

В графу 13 между строками записывают площади трапеций, полученные как произведение полусуммы оснований (графа 12) на расстояние между сечениями (графа 10). Внизу графы 13 под

чертой записывают полученную площадь основания дамбы как сумму площадей всех трапеций.

Объем траншеи зуба получают как произведение площади сечения зуба на его длину. Длину зуба определяют на продольном разрезе дамбы между точками пересечения линии НПУ с поверхностью земли.

Под таблицей дают полную сводку объема земляных работ.

В таблице 5.1 приводится 10 вариантов исходных данных для построения чертежа земляной дамбы. Рельеф местности в районе створа дамбы взять в приложении 3.

*Таблица 5.1*

*Исходные данные*

Номер створа	Отметка, м			Ширина гребня плотины, м	Коэффициенты заложения откосов	
	уровня воды в реке	НПУ	гребня		верхового	низового
I-I	32,20	35,60	37,10	4,0	2,5	1,5
I-I	32,20	38,00	40,00	6,0	3,0	2,0
II-II	32,40	35,80	37,30	4,0	2,5	1,5
II-II	32,40	38,40	40,40	6,0	3,0	2,0
III-III	32,60	36,00	37,50	4,0	2,5	1,5
III-III	32,60	38,00	40,00	6,0	3,0	2,0
IV-IV	63,40	66,20	67,70	4,0	2,5	1,5
IV-IV	63,40	68,00	70,00	6,0	3,0	2,0
V-V	63,80	65,50	67,00	4,0	2,5	1,5
V-V	63,80	69,50	71,50	6,0	3,0	2,0

Примечание. Глубина в середине реки 1,2 м.

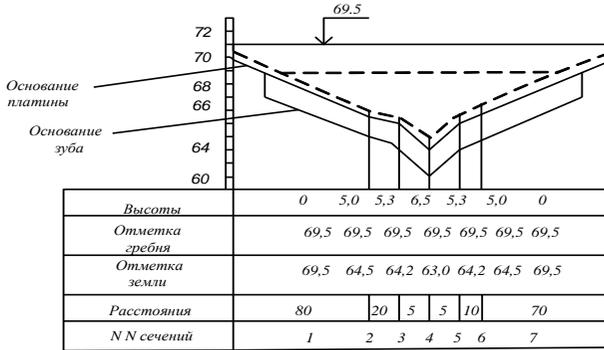
Таблица 5.2

## Расчет объемов земляных работ

№ сечений	Высота	Заложение откосов, м		Ширина гребня плотины, м	Основание, м	Полусумма оснований, м	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	Полусумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	Расстояние, м	Объем между сечениями, м <sup>3</sup>	Полусумма оснований, м	Площадь основания между сечениями, м <sup>2</sup>
		верхового	низового									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	4,0	4,00	4,00	0	31,88 67,06 85,18 85,18 67,06 31,88	60 20 5 5 10 70	2550,4 1341,2 425,9 425,9 670,6 2231,6 Σ7645,6 м <sup>3</sup>	8,38 13,02 14,33 14,33 13,02 8,38	670,4 260,4 71,6 71,6 130,2 586,6 Σ1790,8 м <sup>2</sup>
2	5,0	10,00	7,50	4,0	21,50	12,75	63,75					
3	5,3	10,60	7,95	4,0	22,55	13,28	70,38					
4	6,5	13,00	9,75	4,0	26,75	15,38	99,97					
5	5,3	10,60	7,95	4,0	22,55	13,28	70,38					
6	5,0	10,00	7,50	4,0	21,50	12,75	63,75					
7	0	0	0	4,0	4,00	4,0	0					

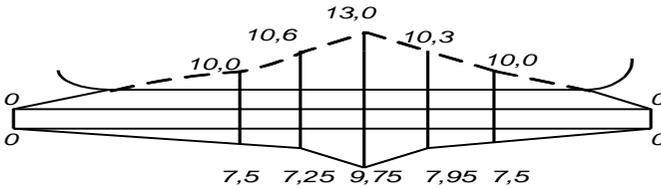
Продольный разрез

Масштабы : горизонтальный 1 : 1000  
вертикальный 1 : 100



План

Масштабы:  
продольный 1 : 1000  
поперечный 1 : 100



Поперечное сечение

Масштаб 1 : 100

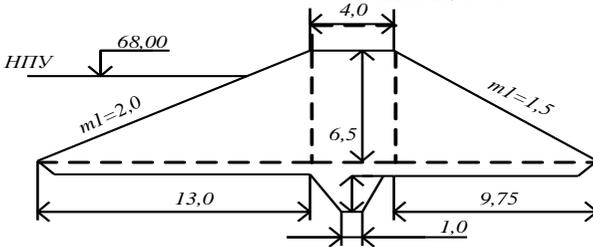


Рис.5.1. Чертеж земляной дамбы

## 6 РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Задача № 1. Грубую планировку поверхности дна карьера со срезкой и засыпкой необходимо провести на площади 16,4 га. Толщина срезки грунта 0,3 м. Определить объем земляных работ [5].

Решение: Объем земляных работ при грубой планировке дна карьера определяется по формуле

$$v = SH, \text{ м}^3, \quad (6.1)$$

где S - площадь рекультивируемого участка, м<sup>2</sup>;

H - толщина срезки грунта, м.

**Задача № 2.** Определить объем работ по выполаживанию откосов одноярусного отвала сверху вниз. Высота отвала 15 м, периметр 1 км. Угол естественного откоса 30°, угол выполаживания 15°.

**Решение:** Объем работ по выполаживанию откосов одноярусного отвала сверху вниз определяется по формуле

$$V_{\text{в}} = K \frac{h^2 \sin(\alpha - \alpha_1)}{\sin \alpha \sin \alpha_1} P, \text{ м}^3, \quad (6.2)$$

где K - коэффициент выполаживания (сверху вниз K = 0,5);

h - высота яруса отвала, м;

$\alpha$  - угол естественного откоса, град.;

$\alpha_1$  - угол откоса после выполаживания, град.;

P - периметр отвала, м.

**Задача № 3.** Имея картограмму земляных работ с отметками вершин углов квадратов и зная расположение нулевых работ, определим объемы выемки и засыпки. Сторона квадрата 20 см.

Варианты заданий:

9.40	8.30	7.79	7.79	7.49	6.30
9.40	8.30	7.79	7.79	7.49	6.30
10.00	9.10	7.80	7.10	7.92	6.10
10.30	9.00	7.90	7.30	6.70	6.10
8.70	8.60	8.23	7.50	7.00	5.92
9.90	8.76	8.23	7.65	7.00	5.92
8.40	8.70	8.50	8.00	7.35	6.20
9.20	8.50	8.25	8.00	7.35	6.20
11.20	10.30	8.79	8.00	8.49	5.30
11.20	10.30	8.79	8.00	8.49	5.30
11.00	10.00	7.80	7.10	7.92	6.10
11.30	9.00	7.90	7.30	6.70	6.10
6.90	8.60	8.23	7.50	7.00	5.92
9.90	9.60	8.23	7.65	7.00	5.92
8.40	10.70	10.50	10.00	7.35	8.20
9.20	8.50	8.25	8.00	7.35	8.20

В предлагаемой картограмме земляных работ необходимо определить рабочие отметки, найти среднюю отметку по каждому квадрату. Объёмы выемок и насыпей определяются путём умножения средней отметки квадрата на его площадь.

## 7 ПРОГНОЗ ВОДНОГО РЕЖИМА ОСУШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Составить прогноз водного режима осушаемых территорий для условий среднего, засушливого и острозасушливого годов с обеспеченностью по осадкам соответственно 50, 75, и 90%, по дефицитам влажности воздуха – 50, 25 и 10% осуществляется методом водного баланса [14].

Водный баланс, м<sup>3</sup>/га, для вегетационного периода

$$\pm M_p = E_p - (X_p + W_p), \quad (7.1)$$

где  $\pm M_p$  – избыток или недостаток влаги в активном слое почвы;  
 $E_p$  – суммарное испарение за вегетацию с учетом влагообмена между зоной аэрации и грунтовыми водами;  
 $X_p$  – эффективные осадки за это время;  
 $W_p$  – продуктивный запас влаги на начало вегетации.

Суммарное испарение, м<sup>3</sup>/га, по формуле А.М. Янголя

$$E_p = aY + n\sum D_p \quad (7.2)$$

где  $a$  и  $n$  – эмпирические коэффициенты (табл. 7.1);  
 $Y$  – проектная урожайность сельскохозяйственных культур, т/га (табл. 7.1);  
 $\sum D_p$  – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха расчетной обеспеченности, мм.

Сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мм, за вегетацию для лет расчетной обеспеченности

$$\sum D_p = k_p \sum D_0, \quad (7.3)$$

где  $k_p$  – модульный коэффициент ( $k_{50\%}=1$ ;  $k_{25\%}=1.15$ ;  $k_{10\%}=1.25$ );  
 $\sum D_0$  – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха в среднем по осадкам и дефицитам влажности воздуха в году, мм. (табл. 7.2).

**Таблица 7.1**  
**Данные для расчета суммарного испарения ( $p = 50\%$ )**

Сельскохозяйственные культуры	Проектная урожайность $У$ , т/га	$a$	$n$
Зерновые:			
Озимые	2,9...3,9	70,6	3,1
Яровые	3,6...3,9	70,6	3,1
Картофель	19,00...22,0	57,1	2,7
Свекла:			
Кормовая	37,0...41,0	24,6	3,1
Сахарная	41,0...43,0	46,0	2,3
Столовая	40,0...45,0	26,4	3,1
Кукуруза на силос	25,0...29,0	19,2	2,7
Морковь	40,0...45,0	38,2	3,1
Многолетние травы на сено	3,9...4,3	187,5	4,4
Лен (Волокно)	0,61...0,65	580,0	3,8
Зерно-бобовая смесь	30,0...35,0	31,5	3,1
Однолетние травы на зеленую массу	19,0...21,0	61,3	2,7
Гречиха	2,0...2,5	70,6	3,1
Капуста поздняя	30,0...35,0	36,3	2,7
Люпин на зерно	1,0...1,5	100,8	3,1
Помидоры	20,0...25,0	24,3	3,8

Эффективные осадки за вегетационный период,  $m^3/га$ ,

$$X_p = 10\eta h_p, \quad (7.4)$$

где  $\eta$  - коэффициент использования осадков (для зоны осушения  $\eta = 0,75$ );

$h_p$  – расчетный слой осадков за вегетацию, мм:

**Таблица 7.2**  
**Исходные данные водобалансовых расчетов**

Область	Осадки, мм	Дефицит влажности воздуха, мм	Запасы продуктивной влаги для культур сева, мм	
			раннего	позднего
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Черниговская	281	790	188	
Сумская	274	820	148	
Киевская	314	850	202	
Житомирская	322	740	189	

Продолжение табл. 7.2

1	2	3	4	5
Ровенская	332	740	190	
Волинская	350	700	186	
Львовская	387	780	190	
Ивано-Франковская	373	760	195	
Закарпатская	370	860	209	
Полтавская	262	820	150	
Черкасская	273	810	127	
Винницкая	318	800	178	
Тернопольская	351	770	196	
Хмельницкая	328	790	183	
Черновицкая	370	790	179	

$$h_p = k_p h_0, \quad (7.5)$$

где  $k_p$  – модульный коэффициент ( $k_{50\%}=1$ ;  $k_{75\%}=0,7$ ;  $k_{90\%}=0,37$ );  
 $h_0$  – средний за вегетацию слой осадков, мм (табл. 7.2).

Продуктивные влагозапасы под сельскохозяйственными культурами для зоны осушения Украины не зависят от расчетной обеспеченности вегетационного периода осадками и определяются по данным метеостанций (табл. 7.2).

Из расчета водного баланса определяют необходимый тип мелиоративной системы для получения проектных урожаев и величину увлажнительных норм  $M_p$ . Если для большинства культур в расчетном по влажности году величина  $M_p > 0$ , то проектные урожаи могут быть получены при проектировании системы двустороннего действия; при  $M_p < 0$  проектируют осушительную систему; если  $M_p = 0$ , то необходима осушительная система с предупредительным шлюзованием.

**Расчет водного баланса.** Рассчитать водный баланс корнеобитаемого слоя почв в вегетационный период для севооборотов, применяемых в зоне осушения. Схема севооборотов дана в приложении 1[14].

Выполним расчет для севооборота: многолетние травы – многолетние травы – озимая пшеница – лен – кукуруза на силос – озимая рожь – картофель – овес. Предположим, что проектируемая осушительная система расположена в Ровенской области.

Определим водопотребление сельскохозяйственных культур по табл. 7.1, расчет выполняется по формулам (7.2), (7.3); необходимые данные приведены в таблице 7.1. Расчет приходных элементов водного баланса выполняется по таблице, расчет осадков – по формулам (7.4), (7.5), используя данные таблицы 7.2. Продуктивные влагозапасы на начало вегетационного периода также принимаются по данным таблицы 7.2, по последним трем графам находим сумму приходных элементов в расчетном году. Заканчиваем расчет водного баланса используя таблицу 7.3.

**Таблица 7.3**  
**Суммарное испарение культур севооборота**

Но- мер поля	Сельхоз. культура	Коэффициент		Проект- ная уро- жай- ность т/га.	Годовой суммар- ный дефицит влаж- ности воздуха за вегетацию, мм.			Годовое сум- марное испаре- ние, м <sup>2</sup> /га.		
		а	п		50%	75%	90%	50%	75%	90%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-2	Много- летние травы	187.5	4.4	4.00	740	851	925	4006	4494	4820
3	Озимая пшеница	70.6	3.1	3.20	740	851	925	2520	2864	3094
4	Лен	580.0	3.8	0.65	740	851	925	3189	3611	4892
5	Кукуруза на силос	19.2	2.7	27.00	740	851	925	2516	2816	3016
6	Озимая рожь	70.6	3.1	3.0	740	851	925	2506	2850	3080
7	Карто- фель	57.1	2.7	20.00	740	851	925	3140	3440	3640
8	Овес	70.6	3.1	3.60	740	851	925	2548	2892	3122

**Таблица 7.4**  
**Приходные элементы водного баланса корнеобитаемого слоя  
за вегетацию, м<sup>3</sup>/га**

Сельскохо- зяйственная культура	Осадки			Продук- тивные запасы влаги, м <sup>3</sup>	Сумма осадков и продуктив- ных запасов влаги		
	Сред- ний год	Сухой год	Остро - засуш- ливый год		Средний год	Сухой год	Остро- засушли- вый год
1	2	3	4	5	6	7	8
Многолетние травы	2490	1740	920	1730	4220	3470	265

*Продолжение табл. 7.4*

1	2	3	4	5	6	7	8
Озимая пшеница	2490	1740	920	1900	4390	3640	280
Лен	2490	1740	920	1730	4220	3470	265
Кукуруза на силос	2490	1740	920	1730	4220	3470	265
Озимая рожь	2490	1740	920	1900	4390	3640	282
Картофель	2490	1740	920	1730	4220	3470	265
Овес	2490	1740	920	1900	4390	3640	282

*Таблица 7.5**Водный баланс сельскохозяйственных полей*

Сельскохозяйственная культура	Обеспеченность осадками, %	Суммарное испарение, м <sup>3</sup> /га	Приходные составляющие, м <sup>3</sup> /га	Показатель водного баланса, м <sup>3</sup> /га	
				+	-
Многолетние травы	50	4006	4220	--	
	75	4494	3470	1024	
	90	4820	2650	2170	
Озимая пшеница	50	2520	4390	--	
	75	2864	3640	--	
	90	3094	2820	274	
Лен	50	3189	4220	--	
	75	3611	3470	141	
	90	3892	2650	1242	
Кукуруза на силос	50	2516	4220	--	
	75	2816	3470	--	
	90	3016	2650	366	
Озимая рожь	50	2506	4390	--	
	75	2850	3640	--	
	90	3080	2820	260	
Картофель	50	3140	4220	--	
	75	3440	3470	--	
	90	3640	2650	990	
Овес	50	2548	4390	--	
	75	2892	3640	--	
	90	3122	2820	302	

На основании проведенных расчетов водного баланса можно сделать следующие выводы:

1) в средние по увлажненности периоды вегетации дополнительное увлажнение не требуется.

2) в сухой период вегетации дополнительно увлажнять необходимо многолетние травы и лен, а при 90% обеспеченности увлажняют все культуры, входящие в севооборот. Следовательно, при данных условиях проектируют систему двустороннего действия.

## ГЛОССАРИЙ

- Абразия** – процесс разрушения и сноса суши волновыми ударами на водохранилищах и морях.
- Автоматизированная система орошения** – система, на которой все работы, начиная с пуска насосной станции до проведения полива, осуществляются автоматически без непосредственного участия человека.
- Агролесомелиорация** – система лесоводческих мероприятий, направленная на улучшение почвенных и климатических условий для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.
- Агромелиоратор** – специалист в области мелиорации и водного хозяйства, организатор сельскохозяйственного производства на орошаемых и осушенных землях.
- Агромелиоративные мероприятия** – специальные приемы обработки почвы для регулирования режима влажности путем отвода избыточной воды с поверхности и из пахотного слоя почвы. К ним относят узкозагонную вспашку, бороздование, гребневание, профилирование, кротование, углубление пахотного слоя, глубокое рыхление почвы.
- Агротехническая мелиорация** – правильное ведение сельскохозяйственных работ на участках, подверженных эрозии. На таких участках обработку почвы следует вести поперек склонов и выращивать растения, обладающие почвозащитными свойствами; на крутых склонах избегать выпаса скота; органические и минеральные удобрения необходимо вносить в дозах, способствующих получению высоких урожаев и исключающих возможность загрязнения водных ресурсов. Это достигается путем своевременного, равномерного распределения удобрений по всей поверхности поля на необходимую глубину.
- Акведук** – мостовое сооружение, выполненное в виде желоба или безнапорной трубы, по которому вода перебрасывается через понижения рельефа (ложбины, овраги, реки, дороги, долины и каналы) с целью водоснабжения и орошения.

- Аккумуляция воды** – накопление в естественных водоемах дождевой, талой или речной воды для орошения и др. целей.
- Артезианские воды** – подземные воды, заключенные между водонепроницаемыми пластами и заполняющие между ними водопроницаемую породу.
- Атмосферный тип водного питания** – тип водного питания, при котором основным источником переувлажнения являются атмосферные осадки.
- Аэрозольное орошение** – дождевание мелкими каплями (диаметр до 0,55 мм) в целях увлажнения приземного слоя воздуха, регулирования температурного режима и увлажнения почвы. Оно снижает температуру воздуха на 6-12° С. Расход воды 70-100 м<sup>3</sup>/га за один полив. Синоним аэрозольное орошение – мелкодисперсное орошение.
- Бассейн подземных вод** – зона распространения одного или нескольких водоносных пластов, имеющих общее направление разгрузки.
- Башенный водосброс** – вид трубчатого водосброса, в котором забор воды и регулирование расхода осуществляются сооружением в виде башни. В мелиоративном строительстве для пропуска расходов до 50 м<sup>3</sup>/с при напоре до 6 м применяют саморегулирующий башенный водосброс с поверхностными отверстиями без затворов, совмещенный с водоспуском.
- Безнапорные воды** – воды естественных и искусственных открытых водотоков, частично наполненных труб и подземные воды, имеющие свободную поверхность.
- Безуклонный дренаж** – система закрытых дренажей, уложенных с нулевым уклоном. Движение воды происходит за счет разности напоров в истоке и устье дренажа.
- Биологическая мелиорация** – агротехнические и гидромелиоративные мероприятия, направленные на интенсивное повышение плодородия нарушенных земель, урожайности сельскохозяйственных и лесных культур. К основным мероприятиям биологической мелиорации относятся: внесение органических и минеральных удобрений, посев многолетних бобовых культур, посадка почвоулучшающих деревьев и кустарников.

**Биологическая рекультивация** – восстановление посредством биологических мер хозяйственных, средообразующих, эстетических и иных полезных свойств земельных территорий, нарушенных в результате производственной деятельности.

**Быстротоки** – искусственные каналы, выполненные в виде лотков с уклонами более критических, сопрягающие участки канала с разными уровнями.

**Бьеф** – часть водотока, примыкающая к водоподпорному сооружению. Верхний бьеф – бьеф с верховой стороны водоподпорного сооружения; нижний бьеф – бьеф с низкой стороны водоподпорного сооружения. Разница отметок уровней воды между верхним и нижним бьеф определяет действующий на данное сооружение напор воды.

**Валы – террасы** – земляные сооружения для регулирования стока путем изменения профиля склона.

**Вертикальный дренаж** – система колодцев (скважин), устраиваемых на землях, подверженных заболачиванию и засолению, в целях понижения уровня грунтовых вод, путем откачки их из колодцев (скважин).

**Верховодка** – временное скопление подземных вод в зоне аэрации в виде отдельных разобщенных более или менее значительных линз, образующихся от просачивания талых снеговых или дождевых вод.

**Верховые болота** – болота, формирующиеся на водораздельных территориях, питаемых атмосферными осадками.

**Ветровая эрозия (дефляция)** – снос ветром верхних слоев почвы и посевов.

**Влагозапасы корнеобитаемого слоя** – запасы влаги, удерживаемые почвой в корнеобитаемом слое.

**Влагоемкость почвы** – способность почвы поглощать и удерживать влагу. Различают полную влагоемкость почвы – при полном насыщении водой всех промежутков между почвенными частицами и почвенными агрегатами; капиллярную – при заполнении влагой одних капиллярных промежутков; полевую – при которой почва содержит такое максимальное количество воды, какое способно удержать, не позволяя воде стекать в нижележащие слои (полевая влагоемкость почвы имеет большое

практическое значение и служит одним из показателей при определении норм полива): гигроскопическую – количество влаги, которое может впитать абсолютно сухая почва из воздуха на поверхность в процентах или к массе сухой почвы (весовая влагоемкость почвы или к ее объему (объемная влагоемкость почвы).

**Влагозарядковый полив** – полив, проводимый с целью создания запасов влаги в почве при глубоком залегании грунтовых вод. Влагозарядковый полив проводят осенью после уборки. Эффективен там, где в осенне-зимний период выпадает недостаточно осадков. Влагозарядковый полив не проводят на легких грунтах и на участках с близким залеганием грунтовых вод и при повышенной осенней влажности почвы.

**Влажность почвы** – количество воды, содержащееся в тот или другой момент в почве, выраженное в весовых и объемных процентах по отношению к сухой почве.

**Влажность устойчивого завядания** – количество почвенной влаги, при которой растения проявляют необратимые признаки увядания, т.е. такого завядания, когда его признаки не исчезают даже после помещения растения в благоприятные условия. Влажность устойчивого завядания иногда называют коэффициентом завядания.

**Внутрихозяйственный план водопользования** – документ, отражающий потребность в оросительной воде по периодам вегетации всего комплекса сельскохозяйственных культур на орошаемых землях хозяйства.

**Внутрихозяйственная оросительная сеть** – оросительная сеть, расположенная на территории одного хозяйства и обслуживающая его земли.

**Водный баланс** – соотношение прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за выбранный интервал времени (многолетний период, год, сезон, месяц и др.) для рассматриваемого объекта (речной бассейн, водохранилище, орошаемый или осушаемый массив и др.). Основной приходной составляющей являются атмосферные осадки, расходной – испарение и транспирация.

**Водный режим почвы** – совокупность процессов поглощения, усвоения и выделения воды почвой. К водному режиму почвы относятся такие явления как впитывание, фильтрация, капиллярный подъем, сток поверхностный, нисходящий и боковой, испарение физическое, десукция, замерзание, разморозание, конденсация воды.

**Водные ресурсы** – запас поверхностных и подземных вод рассматриваемой территории.

**Водная эрозия** – разрушение почв водой, стекающей по склону.

**Водовод** – водопроводящее сооружение для транспортировки определенного количества воды из водного источника к месту водопотребления или водопользования.

**Вододелитель** – сооружение для распределения хода воды старшего канала между отходящими от него младшими.

**Водозадержание** – мероприятия, осуществляемые на водосборах в форме лесопосадок, террасирования склона, снегозадержания.

**Водоисточник** – источник воды для орошения сельскохозяйственных культур.

**Водомерное сооружение** – сооружение, с помощью которого измеряют расходы и учитывают объем воды, поступающий на данный участок канала или системы, определяют потери воды в каналах (системах), коэффициент полезного действия, поливные и оросительные нормы.

**Водомерный пост** – устройство для измерения уровня воды на водотоках и водоемах.

**Водопроницаемость почвы** – способность почвы впитывать и фильтровать воду с различной скоростью под влиянием напора с верхних горизонтов в нижние.

**Водоносный горизонт** – толща пористых или трещиноватых пород, содержащих воду и обладающих гидравлической сплошностью.

**Водоохранная зона** – зона, прилегающая к водотоку, устанавливаемая в целях охраны вод от загрязнения, засорения и истощения, предотвращения ухудшения качества воды, уменьшения рыбных запасов, ухудшения условий водоснабжения и других неблагоприятных явлений.

- Водоохранные леса** – леса, содействующие равномерному поступлению воды в источники, особенно в периоды минимума запасов и предохраняющие естественные и искусственные водоемы от засорения и загрязнения.
- Водоподпорное сооружение** – гидротехническое сооружение создаваемое для подпора. С помощью водоподпорного сооружения перегораживают водоток или водоем (плотина, шлюз, регулятор, водосброс), защищают прилегающую территорию от затопления паводками, ветровыми нагонами, образуют искусственные бассейны (дамба, перемычка).
- Водоприемник** – Естественный или искусственный водоток или водоем, используемый для отвода избыточного количества воды из осушаемого или орошаемого массива.
- Водорегулирующий лес** – лес, основное назначение которого заключается в регулировании поступления воды в водоемы и предохранении их от заиления.
- Водорегулирующие лесополосы** – лесополосы, предназначенные для поглощения и снижения поверхностного стока талых и ливневых вод, снижения скорости ветра. Они создаются на длинных пологих водораздельных склонах по горизонталям рельефа.
- Водорегулирующие сооружения** – гидротехнические сооружения для регулирования уровней, расходов и скоростей водных потоков. К ним относятся плотины, запруды, шлюзы, трубы-регуляторы.
- Водосборная площадь** – площадь, с которой поверхностные и грунтовые воды стекают в какой-либо водоем или водоток: пруд, озеро, реку и т.п.
- Водохозяйственный кадастр** – систематизированный свод данных о водных ресурсах, увязанных с задачами, размерами и формами использования вод.
- Водохозяйственный комплекс** – совокупность различных отраслей водного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы с их использованием на различных уровнях развития народного хозяйства.

- Водохозяйственная система** – комплекс взаимосвязанных водных объектов и гидротехнических сооружений, предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны вод.
- Временный ороситель** – временный оросительный канал, по которому вода из участкового распределителя подается на орошаемое поле. Временный ороситель нарезают на поливном участке перед поливом и заравнивают перед уборкой.
- Гипсование почвы** – прием улучшения агрономических свойств солонцовых почв путем обработки их гипсом.
- Гидромелиорация** – система мероприятий, направленная на регулирование водного режима почв с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, рационального использования водных и земельных ресурсов, улучшения природных условий.
- Гидромодуль** – средний расход воды, потребляемой 1 га сельскохозяйственной культуры за определенный период, т.е. удельный расход воды.
- Гидротехническое сооружение** – сооружение для использования водных ресурсов, а также для борьбы с вредным воздействием вод.
- Глинование** – мелиоративное мероприятие, проводимое с целью улучшения водно-физических свойств и структуры торфяно-болотных и песчаных почв путем смешивания их с глиной.
- Дамба** – сооружение в виде вала из земли, камня или бетона, строящееся для предохранения берега от затопления или размывания, для удержания воды в водохранилище, в пруду или изменения направления течения водотоков.
- Дебит** – количество воды, даваемое родником, буровой скважиной или колодезем в единицу времени. Выражается обычно в л/сек. или в м<sup>3</sup>/сек., м<sup>3</sup>/сутки.
- Двойное регулирование водного режима** – сочетание осушения с регулярной подачей воды в оросительную систему в нужные моменты в соответствии с потребностями растений для регулирования их водного режима на осушаемых площадях.

**Деградация малых рек** – процесс уменьшения водности и ухудшения качества воды малых рек из-за изменения их морфологических показателей (ширины, глубины), вызванное вырубкой древесно-кустарниковой растительности и отсутствием почвозащитной технологии обработки почвы на водосборной площади, в прибрежных зонах, а также загрязнение их стоками промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий.

**Дождевание** – способ полива, при котором вода выбрасывается в воздух дождевальными машинами и поступает на поверхность почвы и растений.

**Дождевальный аппарат** – рабочий орган дождевальной машины или установки, имеющий подвижные части и предназначенный для превращения поливного тока воды в капли дождя и распределения его по площади полива.

**Дождевальные машины и установки** – машины, предназначенные для увлажнения почвы, растений и приземного слоя воздуха.

**Дренаж** – система искусственных водотоков, предназначенных для сбора и отвода почвенно-грунтовых вод и аэрации почв.

**Дренажный сток** – грунтовый и трансформированный водопоглощающими устройствами поверхностный сток, собираемый и отводимый дренами и дренажными системами при осушении земель.

**Дренаж сельскохозяйственных земель** – способ регулирования водно-воздушного и солевого режима корнеобитаемого слоя почвы с помощью системы подземных скважин, прокладываемых на той или иной глубине от поверхности почвы или открытых каналов.

**Дюкер** – гидротехническое сооружение на оросительной сети, представляющее собой напорные водоводы, укладываемые под руслом реки или через овраги, балки, суходолы и каналы.

**Живое сечение** – часть водного сечения, в которой наблюдается течение воды.

**Задержание талых вод** – агротехнический прием, направленный к устранению поверхностного стока талой воды или сведению его до минимума.

**Заиление прудов** – процесс заполнения емкости пруда наносами, вносимыми в него поверхностным стоком, а также образующимися в результате разрушения берегов.

**Закрытая сеть** – система подземных трубопроводов или полостей на мелиорированных землях. Подразделяются на регулируемую сеть, предназначенную для регулирования водно-воздушного режима почв (трубчатые, кротовые, щелевые осушители и увлажнители, закрытые собиратели) и проводящую сеть – для удаления воды из осушителей, подачи воды в увлажнители или дождевальные машины и установки.

**Закрытая оросительная система** – система, в которой воду подают по трубопроводам от источника орошения на орошаемую площадь для полива сельскохозяйственных культур.

**Запруда** – водонапорное сооружение на малом водотоке. Конструктивно выполняется в виде дамбы небольшой высоты из местных материалов.

**Затвор гидросооружения** – подвижная конструкция, предназначенная для закрытия и открытия отверстий гидротехнического сооружения и регулирования расхода воды.

**Землевание** – способ улучшения водно-физических, тепловых и агрохимических свойств почв путем внесения на их поверхность минерального грунта – песка, супеси, суглинка, глины или плодородной почвы.

**Земледельческие поля орошения** – специализированные системы для приема предварительно очищенных сточных вод в целях использования их для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий, а также доочистки в естественных условиях.

**Земляная плотина** – плотина, тело которой на 50% и более состоит из грунтовых материалов. **Земляную плотину** подразделяют: по высоте – на низкие (напор менее 15 м), средние (напор 15 - 50 м) и высокие (напор более 50 м); по способу возведения – на насыпные, намывные и полунамывные; по конструкции поперечного сечения и противодиффузионных устройств – из однородного грунта, неоднородного грунта, с экраном из негрунтовых материалов, с диафрагмой, с грунтовым экраном, с грунтовым ядром.

**Зона неустойчивого увлажнения** – территория, расположенная между зонами избыточного и недостаточного увлажнения, в пределах которой наблюдается относительное равенство средних годовых величин испаряемости и осадков.

**Зона недостаточного увлажнения** – территория, в пределах которой величина испаряемости в среднем за год превышает количество выпадающих осадков.

**Зуб плотины** – элемент подошвы плотины, трапециевидного поперечного сечения, заглубленный в основание плотины и предназначенный для увеличения ее устойчивости, предотвращения контактной фильтрации по подошве.

**Известкование почв** – мероприятия по устранению избыточной кислотности почв.

**Импульсное орошение** – способ полива очень малыми поливными нормами, позволяющими регулировать микроклимат и поддерживать относительную влажность воздуха на высоте растений в пределах 70 - 80% при снижении максимальной температуры в наиболее жаркие периоды дня в среднем на 2°-3°С.

**Инженерная подготовка территории** – комплекс мероприятий по подготовке к мелиоративно-строительным работам.

**Инфильтрация** – просачивание воды в почвогрунты по капиллярным порам, трещинам и различным пустотам.

**Ирригация** – агротехнический прием, направленный на получение высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур путем искусственного увлажнения почвы в нужные сроки.

**Канав** – временный канал небольших размеров, предназначенный для отвода и понижения уровня грунтовых вод, перехвата поверхностных вод и их транспортировки.

**Канал** – инженерное сооружение, построенное для транспортировки воды в соответствии с проектом, в отличие от канав, которые сооружаются без расчета на примитивных инженерных оросительных системах, канал устраивается в выемке, в насыпи и в полунасыпи по кратчайшему расстоянию к водоему или водоприемнику на осушаемых или орошаемых землях.

- Капельное орошение** – локальное увлажнение корнеобитаемой зоны одного или группы растений при помощи непрерывно или периодически в течение вегетационного периода, действующих капельниц (точечных микроводовыпусков), поддерживающих влажность почвы на уровне, близком к оптимальному.
- Каптаж** – заключение питьевой или минеральной воды источника в трубы с целью предотвратить потерю воды от просачивания в почву.
- Кольматация** – процесс смыывания глинистых или илистых частиц в поры грунта фильтрационными токами для их закупоривания.
- Коэффициент водопотребления** – суммарное водопотребление за период вегетации данной культуры, отнесенное к единице полученного урожая.
- Коэффициент извилистости реки** – отношение длины участка реки, измеренной по карте, к длине прямой, соединяющей начало и конец участка.
- Коэффициент использования воды** – отношение полезного водопотребления растений к количеству воды, поступившей на поле в виде осадков или оросительной воды.
- Коэффициент полезного действия оросительной сети** – отношение расхода воды, подаваемой на орошаемое поле ( $Q$  нетто) к расходу воды, забираемой из источника орошения ( $Q$  брутто).
- Коэффициент стока воды** – отношение объема или слоя стока к количеству выпавших на площадь водосбора осадков, обусловивших возникновение стока.
- Коэффициент увлажнения** – показатель увлажнения, условно характеризующий соотношение между приходной частью водного баланса в определенный период и испаряемостью.
- Коэффициент фильтрации** – характеристика способности грунта (почвы) пропускать через себя воду.
- Критическая глубина залегания грунтовых вод** – глубина, выше которой капиллярные соленосные растворы, восходящие от зеркала минерализованных грунтовых вод, вызывают соленакопление в почве, угнетение и гибель растений.

**Кротовый дренаж** – система ходов, проведенных механизмами на некоторой глубине в почве. Кротовый дренаж служит для удаления верховодки, улучшения аэрации, перераспределения влаги в профиле почвы.

**Кротование почвы** – прием обработки почвы, обеспечивающий образование горизонтальных дрен – кротовин с диаметром 5 - 6 см на глубине 40 - 50 см с целью задержания талой воды на склоновых землях или ее отвода на осушаемом массиве.

**Культуртехника** – система мелиоративных мероприятий, направленных на расчистку поверхности и коренное улучшение свойств почвы, повышение ее эффективного плодородия. К культуртехническим работам относятся: расчистка земель от древесно-кустарниковой растительности, корчевание пней, камней и вывозка их; засыпка и заравнивание ям, траншей, промоин; разравнивание отвалов и другие работы по капитальной планировке, ликвидация ранее созданных валов и куч из древесно-кустарниковой растительности, а также иных препятствий, мешающих проведению сельскохозяйственных работ на полях и лугах; срезка и разделка кочек, удаление мохового очеса; первичная обработка и выравнивание почвы, очистка ее от нежелательных включений; известкование; внесение удобрений.

**Культуртехнические мелиорации** – система мероприятий по освоению новых земель, коренному улучшению естественных кормовых угодий и повышению их эффективного плодородия.

**Леса водоохранные** – леса, предназначенные для сохранения и улучшения водного баланса, гидрологического режима рек, озер, водохранилищ и уменьшения эрозии почвы.

**Лесистость водосбора** – наличие лесных массивов на водосборе, количественно характеризуемое площадью леса на водосборе. Эту площадь, выраженную в относительных величинах (в долях или процентах от всей площади водосбора), называют коэффициентом лесистости.

**Лиманное орошение** – одноразовое увлажнение почвы паводковыми водами в ранневесенний вневегетационный период при помощи системы дамб, перемычек и других гидротехнических сооружений.

**Линейная эрозия** – разрыв почвы сосредоточенной сильной струей или потоком на всю толщу почвы и расположенной ниже материнской породы, при этом образуются узкие глубокие промоины, которые во время очередной обработки пашни не могут быть выровнены, становятся непроходимыми и в последующем превращаются в овраги.

**Литораль** – прибрежная полоса, мелкая прибрежная часть водоема.

**Ложбина** – слабовыраженная вытянутая впадина водноэрозионного происхождения с пологими, обычно задернованными склонами и ровным, вогнутым, наклонным дном.

**Ложе водоема** – территория, затопленная водой водоема (водохранилища, пруда, запруды, накопителя) и ограниченная в плане линией уреза воды.

**Лотки** – гидротехнические сооружения, представляющие собой искусственные русла каналов с безнапорным движением воды.

**Лощина** – ложбина, но с большей высотой и крутизной склонов и появлением форм донного и берегового размыва или ветвистого русла.

**Магистральный трубопровод** – главный водопроводящий трубопровод закрытой оросительной сети, по которому вода из источника орошения подается на орошаемую площадь.

**Магистральный канал** – главный открытый водовод на оросительной или осушительной системе.

**Малование** – простейшая планировка почвы, применяемая в орошаемом земледелии с целью устранения неровностей вспаханного поля и создания условий для высококачественного сева, а затем полива.

**Межхозяйственная оросительная сеть** – элементы оросительных систем (магистральные водоводы, каналы, водоисточники, сооружения на них), обслуживающие земли нескольких хозяйств.

**Мелиоративная вспашка** – глубокая вспашка специальными плугами для улучшения свойств почвы.

**Мелиоративная гидрология** – направление в гидрологии, связанное с изучением закономерностей в режиме природных вод

регионов с мелиорированными землями и гидрологических характеристик, необходимых для проектирования гидромелиоративных мероприятий и эксплуатации мелиоративных систем.

**Мелиоративное земледелие** – земледелие на орошаемых и осушенных землях.

**Мелиоративное почвоведение** – наука по комплексной мелиорации почв инженерно-механическими, химическими, биологическими и агротехническими методами.

**Мелиоративное районирование** – районирование земель по комплексу природных факторов, определяющих потребность в мелиорациях и возможности их осуществления.

**Мелиоративный период** – интервал времени, за который проводится улучшение качества рекультивируемых земель и восстановление их плодородия путем применения коренной и биологической мелиорации.

**Мелиоративный фонд** – земли, которые после проведения на них соответствующих мелиоративных работ могут быть превращены в сельскохозяйственные угодья.

**Мертвый объем водохранилища** – часть объема водохранилища, предназначенная для осаждения наносов и поддержания высокого качества воды.

**Модуль стока** – расход воды, стекающей за единицу времени с единицы площади. Обычно выражается в л/сек. км<sup>2</sup> или в л/сек. га.

**Мониторинг** – система наблюдений и контроля за уровнем загрязнения и изменения природных сред (воды, воздуха, почвы).

**Мульчирование** – метод пополнения почвы органическими веществами и покрытия ее обнаженной поверхности соломой, мелкой торфяной крошкой, навозом-сыпучкой, перегноем, компостом, опилками, опавшими листьями и другими материалами с целью предотвращения или уменьшения потери влаги на физическое испарение и других неблагоприятных явлений, связанных с отсутствием на поверхности почв растительных остатков.

**Мутность воды** – содержание взвешенных веществ – наносов в единице объема смеси воды с наносами выражается в весовых единицах ( $\text{г/м}^3$ ,  $\text{мг/л}$ ) или в объемных ( $\text{м}^3$  твердого вещества/ $\text{м}^3$  смеси воды и наносов).

**Наводнение** – затопление местности при подъеме воды в реке, озере, море, вызывающее нарушение хозяйственной деятельности человека.

**Нарушенные земли** – земли, утратившие в связи с их нарушением первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду.

**Насосная станция** – комплекс гидротехнических сооружений и оборудования, обеспечивающий бесперебойную подачу воды в разводящую сеть систем водоснабжения или орошения, или ее откачку из осушительных или канализационных систем.

**Насосная установка** – насосный агрегат с комплектом оборудования, который смонтирован по определенной схеме, обеспечивающей работу насоса.

**Неразмывающая скорость** – максимально допустимая скорость при равномерном движении воды, при котором не происходит размыва русла.

**Норма осушения** – величина понижения уровня грунтовых вод на осушаемой территории, необходимая для создания нормальных условий развития сельскохозяйственных культур и механизации полевых работ.

**Обвалование** – постройка дамб с целью ограждения территории от затопления.

**Обводнительные мелиорации** – комплексное использование и охрана водных ресурсов, направленные на увеличение густоты водотоков с целью ликвидации дефицита воды для различных потребителей (промышленность, сельское и водное хозяйство и др.).

**Оглеение почвы** – почвообразовательный процесс, протекающий в анаэробных условиях при участии микроорганизмов, наличии органического вещества и постоянном или временном затоплении отдельных горизонтов или всего профиля почвы.

- Орошение земель** – искусственное увлажнение почвы для повышения ее плодородия.
- Оросительные мелиорации** – комплекс инженерных, организационных и хозяйственных мероприятий, направленных на подачу и равномерное распределение по полю при дефиците запасов влаги в почве.
- Оросительная норма** – количество воды, которое следует подать дополнительно за период вегетации на 1 га посева сельскохозяйственной культуры для получения запланированного урожая.
- Оросительная сеть** – система напорных водоводов или оросительных каналов, обеспечивающих транспортировку воды от источника орошения к орошаемому массиву, а при межхозяйственных сетях – распределение ее между отдельными хозяйствами или бригадами и подачу воды на поливной участок.
- Оросительная система** – комплекс гидротехнических сооружений, обеспечивающих орошение определенного массива земли. **О.с.** состоит из источника орошения, головного водозаборного сооружения, насосной станции, распределительных каналов, внутрихозяйственной оросительной сети, коллекторно-сбросной и дренажной сети, гидротехнических сооружений на каналах и пересечениях, сети эксплуатационных дорог, линий связи и элект-ропередач, лесополос, дождевальных машин и установок, объектов эксплуатационного назначения, необходимых для хозяйственного водопользования и своевременного обеспечения забора воды, транспортировки и распределения ее по орошаемому полю с целью поддержания в корнеобитаемом слое сельскохозяйственных культур оптимальной влажности.
- Оросительная способность источника** – площадь, которая может быть надежно орошена водами источника.
- Освежительный полив** – дождевание посевов в жаркое время, для повышения влажности приземного слоя воздуха в период вегетации.
- Освоение орошаемых земель** – комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических и гидромелиоративных меро-

приятый, обеспечивающих высокопродуктивное использование введенных в эксплуатацию орошаемых земель, в т.ч. получение с каждого гектара урожаев, предусмотренных проектом.

**Оструктуривание** – процесс разделения почвенной массы на агрегаты разного размера и формы и последующего упрочнения их и формирования внутреннего строения структурных отдельныхностей.

**Осушение земель** – устранение избытка воды из почвы путем отвода ее для создания благоприятного режима роста растений и получения на ней высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

**Осушительная система** – комплекс сооружений, предназначенных для осушения определенного массива. Осушительная система включает водоприемник, осушительную сеть, гидротехнические сооружения, дорожную сеть, эксплуатационные и природоохранные сооружения и устройства. Осушительная система предназначена для устранения неблагоприятного воздействия избыточного увлажнения определенного массива земель и создания необходимых условий для выращивания на них сельскохозяйственных культур.

**Осушительно-увлажнительная система** – мелиоративная система, предназначенная для отвода избыточной воды во влажные периоды и подачи ее в корнеобитаемый слой почвы в засушливые периоды вегетации.

**Открытая оросительная система** – система, в которой вода от источника до орошаемого поля поступает по открытым каналам или лоткам.

**Охрана вод** – система технических, организационных, правовых и экономических мер, направленных на предотвращение, ограничение и устранение последствий загрязнения, засорения и истощения водных объектов в целях удовлетворения оптимальных потребностей населения и народного хозяйства в воде нормативного качества для нынешнего и грядущих поколений.

**Оценка ирригационных качеств воды** – оценка пригодности воды для орошения по химическому составу с учетом почвенных условий и биологических особенностей возделываемых культур.

**Очаги эрозии** – эрозионно-опасные участки со значительной степенью эродированности.

**Плотина** – гидротехническое сооружение, преграждающее путь воде в реке и других водотоках.

**Полезационные лесополосы** – лесополосы, предназначенные для защиты территории от вредного воздействия ветра.

**Полезная емкость водохранилища** – емкость, исходящая из потребности воды на орошение, водоснабжение, рыболовство, и прочие нужды.

**Полив затоплением** – способ поверхностного полива, при котором на орошаемом участке создают сплошной слой воды, постепенно впитывающейся в почву.

**Поливная норма** – разовая норма увлажнения – количество воды, подаваемой на гектар за один полив. Ее устанавливают исходя из влажности почвы и глубины увлажняемого корнеобитаемого слоя.

**Поливной расход** – количество воды, подаваемое во время каждого полива в единицу времени.

**Подтопление** – повышение уровня грунтовых вод, происходящее в результате фильтрации воды из водоемов.

**Подпочвенное орошение** – способ орошения, при котором вода подается непосредственно в корнеобитаемый слой почвы системой подпочвенных водоводов (увлажнителей), заложенных в земле.

**Полная емкость водохранилища** – емкость, состоящая из мертвого, рабочего и регуляционного объемов.

**Пойма** – часть речной долины или приозерного понижения, занимаемая паводковыми водами.

**Прибрежная полоса** – территория строгого ограничения хозяйственной деятельности в пределах водоохранной зоны. Размеры прибрежной полосы зависят от характеристики прилегающих к водистоочникам угодий, крутизны склонов и ширина их колеблется от 15 до 100 м.

- Прикатывание** – агротехнический прием, способствующий доступу почвенной влаги в пахотный горизонт и выравниванию поверхности поля.
- Пруд** – искусственный водоем, имеющий объем воды менее 1 млн. м<sup>3</sup>, устроенный путем перегораживания плотиной небольшой реки, ручья, балки, оврага, лога.
- Прудокопань** – выкопанный водоем, часть которого образована дамбами; наполняется водой от стока с собственного водосбора.
- Промойна** – линейный размыв почвы талыми и дождевыми водами, в результате которого на поверхности поля образуются небольшие каналы.
- Промывной полив** – полив, проводимый с целью удаления избытка солей из почвы путем растворения их водой и вымывания в нижние горизонты или в дренажную сеть в осенне-зимний период.
- Противозаморозковый полив** – дождевание с малой интенсивностью дождя для предохранения растений от весенних или осенних заморозков до  $-7 - 12^{\circ}\text{C}$ . Поливная норма составляет 50 - 300 м<sup>3</sup>/га.
- Противоэрозионная обработка почвы** – обработка почвы с созданием водозадерживающего микрорельефа на пашне или оставлением ветрозадерживающих пожнивных остатков на поверхности земли.
- Профилирование** – мероприятие по усилению поверхностного стока и отвода воды по пахотному слою на площадях со слабыми уклонами путем создания на загоне выпуклого профиля.
- Рабочая емкость водохранилища** – сток заданной обеспеченности или части его, задерживаемый в водохранилище.
- Расход влаги** – расход почвенной влаги, осадков или орошаемой воды.
- Расход воды** – объем воды, протекающий через живое сечение потока в единицу времени.
- Расход потока** – объем воды, протекающий через его поперечное сечение за единицу времени.

- Распределительный трубопровод** – предпоследнее звено закрытых оросительных систем, по которому вода из главного магистрального трубопровода доходит до поливных трубопроводов.
- Рассолонение почвы** – снижение содержания обменного натрия и улучшение свойств солонцового горизонта.
- Рациональное водопользование** – комплекс мероприятий, направленных на снижение забора воды промышленными, коммунальными, сельскохозяйственными и другими объектами и на технологически оправданное уменьшение объема расхода воды в процессах производства.
- Регулирование водно-воздушного режима почв** – совокупность инженерно-технических и агромелиоративных мероприятий, направленных на изменение неблагоприятного естественного и достижение оптимального водно-воздушного режима в корнеобитаемом слое почвы, с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.
- Регулирование снеготаяния** – агротехнический прием изменения скорости снеготаяния и задержания талых вод.
- Регулирование стока воды** – мероприятия по задержанию стока воды на склоновых землях, замедлению его скорости, рассредоточению по поверхности и накоплению воды в почве.
- Регулирование уровня грунтовых вод** – искусственное изменение уровня грунтовых вод с помощью инженерно-мелиоративных мероприятий.
- Регуляционная емкость водохранилища** – объем между нормально подпертым горизонтом и максимально подпертым горизонтом.
- Рекультивация земель** – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности (плодородия) и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, ставших бесплодными в результате деятельности человека, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.
- Реплантация** – гумусовая мелиорация земель, проводимая с целью восстановления плодородия смытых и малопродуктивных

земель путем нанесения на них слоя почвы с большим содержанием гумуса.

**Режим орошения** – определение сроков, числа и нормы полива возделываемых сельскохозяйственных культур, входящих в севооборот.

**Режим осушения** – поддерживаемый мелиоративными мероприятиями благоприятный для растений водно-воздушный режим почвы, который характеризуется аэрацией и влажностью почвы, допустимой продолжительностью затопления, нормой осушения, критической глубиной залегания уровней грунтовых вод.

**Сбросная сеть** – система каналов для удаления с орошаемой площади избыточных поверхностных вод, образующихся вследствие паводков, ненормированных поливов, технических неполадок и аварий на оросительной системе, для опорожнения оросительных каналов.

**Сель** – грязевой и грязекаменный поток, внезапно возникающий в руслах рек вследствие резкого паводка, обладающий большой разрушительной силой и нередко наносящий урон сельскохозяйственным угодьям и лесам.

**Сельскохозяйственная мелиорация** – совокупность мероприятий по улучшению земель, включая улучшение почвенных, гидрологических, климатических и других условий в нужном для сельскохозяйственного производства направлении, а также сельскохозяйственное освоение ранее не использовавшихся или разрушенных в процессе использования земель в интересах сельского хозяйства.

**Силикатирование** – пропитывание грунта дна и откосов канала или пруда силикатом натрия (жидким стеклом).

**Система дождевания** – комплекс оборудования для полива сельскохозяйственных культур, включающий устройства для забора воды из источника орошения, водопроводящие каналы и трубопроводы, агрегаты, машины, установки, аппараты для создания искусственного дождя.

**Система мер по защите почв от эрозии** – комплекс мер, направленных на предотвращение смыва, размыва и выдувания

почвы, на сохранение и повышение количества и качества органического вещества, гумуса, структуры почвы.

**Снегозадержание** – агротехнический прием задержания и накопления на полях снега. С. предусматривает поделку снежных валиков снегопахами, возделывание кулисных высокостебельных растений, сохранение жнивья и установку снеговых щитов и т.д.

**Способы орошения** – технические и агротехнические приемы, направленные на пополнение дефицита влажности почвы и создание на ней необходимого водно-воздушного, питательного и теплового режимов. В сельском хозяйстве применяют пять основных способов орошения: поверхностный, внутрпочвенный, капельный, аэрозольный, дождевание.

**Способы осушения** – технические приемы и агромелиоративные мероприятия, направленные на устранение избыточного увлажнения мелиорированных земель.

**Среднеструйные дождевальные аппараты** – рабочие органы дождевальных машин и установок, имеющие средний расход воды 0,45 - 9,5 л/сек.

**Сток** – количество воды, стекающее с водосбора за определенный промежуток времени.

**Стокообразование** – процесс появления на поверхности водосбора слоя воды от атмосферных осадков или снеготаяния, обусловленный превышением интенсивности поступления воды над интенсивностью впитывания.

**Суммарное водопотребление** – количество воды, израсходованное 1 гектаром орошаемой культурой за период вегетации на испарение почвой и транспирацию.

**Суффозия** – отрыв и перенос фильтрационным потоком мелких частиц в порах грунта (внутренняя суффозия) или их вынос (внешняя суффозия); растворение и вымывание содержащихся в грунте водорастворимых солей (химическая суффозия).

**Тальвег** – линия наиболее низких отметок дна долины или русла реки и других звеньев гидрографической сети (ложбины, лощины, суходола).

**Твердый сток** – почвенные частицы, смытые потоками талых и ливневых вод с водосборной площади.

**Террасирование** – метод освоения склонов под возделывание различных культур путем создания на них выровненных ступеней.

**Техническая рекультивация** – начальный этап восстановления земель, возвращаемых промышленными предприятиями сельскохозяйственным предприятиям.

**Техническая эрозия** – технологические потери почвы, возникающие при уборке урожая корнеплодов и клубнеплодов и при других операциях, когда за пределы поля вывозится прилипшая к урожаю и к сельскохозяйственным орудиям и машинам почва.

**Тип водного питания** – обобщенная мелиоративная характеристика, качественно определяющая основные источники увлажнения или переувлажнения земель. Объединяет в себе климатические, геологические, гидрогеологические, почвенно-литологические условия. Количественной характеристикой является водный баланс территории. Различают следующие типы водного питания: атмосферный, грунтовый, склоновый (делювиальный) и намывной (аллювиальный).

**Торфование** – внесение торфа на песчаные и супесчаные почвы, обладающие водопроницаемостью, малой водоподъемной и водоудерживающей способностью и содержащие малое количество перегноя, глинистых и илистых частиц.

**Транспирация** – процесс испарения влаги из растения в атмосферу при его росте и развитии.

**Увлажнительное орошение** – орошение, применяемое для создания в почве оптимального водного и воздушного режимов.

**Удобрительный полив** – одновременное внесение вместе с оросительной водой удобрений и микроэлементов в почву и на листовую поверхность растений.

**Уплотненный экран** – экран, создаваемый в ложе канала мощностью не менее 1 м грунтоуплотняющими машинами ударного действия.

**Уровень грунтовых вод** – высота стояния свободной поверхности грунтовых вод над некоторой условной горизонтальной поверхностью.

**Утеплительное орошение** – орошение, производимое водой более высокой температуры, чем температура почвы, с целью согревания почвы и некоторого удлинения вегетационного периода, а также защиты сельскохозяйственных культур от непродолжительных заморозков.

**Фертигация** – внесение минеральных удобрений с поливной водой дождевальными машинами типа «Волжанка», «Фрегат», «Днепр» и другими, которые оснащены гидроподкормщиками.

**Фильтрация из каналов** – процесс просачивания воды через грунт. Наличие этого процесса вызывает большие потери воды, повышает уровень грунтовых вод вдоль каналов и на орошаемой территории и, как следствие, заболачивание и засоление орошаемых земель, сокращает площади орошения, увеличивает стоимость полезно используемой воды.

**Фильтрующие материалы** – естественные и искусственные материалы, используемые для устройства фильтрующих обсыпок, защитных фильтров дренажей и гидротехнических сооружений.

**Фильтрационные потери** – потери воды, просачивающейся через дно, откосы и основания гидротехнических сооружений (каналов, дамб, плотин, водохранилищ) вследствие разности напоров воды в этих сооружениях и на прилегающей территории.

**Фитомелиорация** – прием, позволяющий улучшить использование земель определенным подбором растительности.

**Фитомелиоранты** – культуры, устойчивые к солям, солоноватости и засухе.

**Фосфоритование** – внесение фосфоритной муки на кислые почвы обедненные фосфором, с низкой степенью насыщенности основаниями.

**Химическая мелиорация почвы** – система химических мер воздействия на почву в целях улучшения ее состояния, неблагоприятного для культурных растений, повышения урожайности сельскохозяйственных культур и производительности труда.

**Щелчевание** – агромелиоративный прием, применяемый для улучшения водно-физических свойств слабофильтрующих

почв, защиты почв от водной эрозии и повышения продуктивности склоновых земель.

**Щелерезы–кротователи** – орудия для щелевания и кротования почвы с одновременным образованием валиков с целью уменьшения стока воды и смыва на склонах (до 10°).

**Эвтрофикация вод** – избыточное поступление в водоемы органических и минеральных веществ в составе промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных сточных вод или под воздействием естественных факторов.

**Экологическая надежность оросительной системы** – способность системы обеспечивать в течение определенного времени при заданных условиях эксплуатации нагрузки (воздействия) на экологические или другие природные комплексы, не превышающие допустимых значений.

**Эрозия почв** – процесс разрушения водой и ветром верхнего плодородного слоя почвы, а также подстилающих пород, перемещение продуктов разрушения с места первоначального нахождения и осадение их на новых местах.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анисимов, В.А. Справочник мелиоратора/ В.А. Анисимов, К.В. Губер, Г.М. Зюликов, Б.С. Маслов [и др.]. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 256 с.
2. Арустамов Э.А. и др. Природопользование. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2003. – 312 с.
3. Голованов, А.И. Природообустройство. Учебник - М.: КолосС, 2008. - 552 с.
4. Горбачева, Н.А. Природно-техногенные комплексы и основы природообустройства для студентов очного обучения по направлению 20.03.02.62 «Природообустройство и водопользование»: уч. пособие/ Н.А. Горбачева, Е.А. Гребенщикова, – Благовещенск: ДальГАУ, 2014. - 146 с.
5. Гребенщикова, Е.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Мелиорация земель» для студентов специальности 120301 «Землеустройство»/ Е.А. Гребенщикова, Н.А. Горбачева. – Благовещенск: изд. ДальГАУ, 2009. – 56 с.
6. Дубенок Н.Н. Практикум по гидротехническим сельскохозяйственным мелиорациям/ под ред. акад. РАСХН Н.Н. Дубенка.- М.: Колос, 2008 – 440 с.
7. Емельянов А.Г. Основы природопользования. - М.: "Академия", 2006. - 304 с.
8. Ерхов, Н.С. Сельскохозяйственная мелиорация и водоснабжение/ Н.С. Ерхов, А.Е. Дьяченко, Н.И. Ильин [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988.- 239 с.
9. Коваленко, В.Г. Экологическая безопасность в системах нефтепродуктообеспечения и автомобильного транспорта: уч. пособие В.Г. Коваленко, И.Зоря, Ю.Н. Фролов. - М.: ООО «Центр ЛитНефтеГаз», 2004. – 176 с.
10. Калыгин, В. Г. Промышленная экология. - М.: Академия. 2004.- 432 с.

11. Кичигин Н.В., Кузнецова Н.Д., Пономарев М.В., Сиваков Д.О. Комментарий к Федеральному закону "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов". М.: Юстицинформ, 2005.
12. Колпаков, В.В. Сельскохозяйственные мелиорации/ В.В. Колпаков, И.П. Сухарев – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 319 с.
13. Краснощеков В.Н. Теория и практика эколого-экономического обоснования комплексных мелиораций в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. - М.: МГУП, 2001. - 293 с.
14. Лазарчук, Н.А.. Проектирование осушительных систем. Практикум – Киев: «Высшая школа», 1989 – 180 с.
15. Лось В.А. Экология: учебник / В.А.Лось. – М.: Изд-во «Экзамен», 2006. – 478 с.
16. Маслов, Б.С.. Справочник по мелиорации / И.В. Минаев, К.В. Губер – М.: Росагропромиздат, 1989. – 484 с.:ил.
17. Новиков, Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие для вузов.- М.: Фаир-Пресс, 1999. - 320с.
18. Орлова Д.С. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв /под ред. Орлова Д.С. и Василевской В.Д.. – М.: МГУ, 1994. – 275 с.
19. Правдивец Ю.П. Инженерно-мелиоративные сооружения – Москва: Изд-во АСВ, 1998 – 210 с.
20. Рекс, Л.М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем. М.: Аслан, 1995 - 192 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

*Скоростные характеристики  $W$ , м/с, при различных значениях коэффициента шероховатости*

R <sub>м</sub>	Коэффициент шероховатости $n$													
	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,017	0,018	0,02	0,0225	0,025	0,0275	0,03	0,035	0,04
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,10	21,3	19,0	17,2	15,6	14,2	12,0	11,2	9,67	8,22	7,09	6,19	5,46	4,35	3,56
0,12	23,9	21,4	19,3	17,6	16,1	13,7	12,7	11,0	9,41	8,15	7,14	6,32	5,07	4,18
0,14	26,3	23,6	21,4	19,5	17,9	15,2	14,1	12,3	10,6	9,17	8,06	7,16	5,77	4,78
0,16	28,6	25,7	23,3	21,3	19,5	16,7	15,5	13,6	11,7	10,2	8,95	7,97	6,45	5,36
0,18	30,8	27,8	25,2	23,0	21,2	18,1	16,9	14,8	12,7	11,1	9,81	8,75	7,12	5,94
0,20	33,0	29,7	27,0	24,7	22,7	19,5	18,2	16,0	13,8	12,0	10,7	9,52	7,78	6,50
0,22	35,0	31,6	28,7	26,3	24,2	20,8	19,4	17,1	14,8	12,9	11,5	10,3	8,42	7,06
0,24	37,0	33,4	30,4	27,5	25,7	22,1	20,7	18,2	15,8	13,8	12,3	11,0	9,05	7,61
0,26	38,9	35,2	32,1	29,4	27,1	23,4	21,9	19,3	16,7	14,7	13,1	11,7	9,67	8,15
0,28	40,8	36,9	33,7	30,9	28,5	24,6	23,0	20,3	17,7	15,6	13,8	12,4	10,3	8,69
0,30	42,6	38,6	35,2	32,3	29,9	25,8	24,2	21,4	18,6	16,4	14,6	13,1	10,9	9,22
0,32	43,5	39,4	36,0	33,1	30,5	26,4	24,7	21,9	19,0	16,8	15,0	13,5	11,2	9,48
0,34	46,1	41,8	38,2	35,1	32,5	28,1	26,4	23,4	20,4	18,0	16,1	14,5	12,1	10,3
0,36	47,8	43,4	39,6	36,5	33,8	29,3	27,5	24,3	21,2	18,8	16,8	15,2	12,6	10,8
0,38	49,4	44,9	41,1	37,8	35,0	30,4	28,5	25,3	22,1	19,6	17,5	15,8	13,2	11,3
0,40	51,1	46,4	42,5	39,1	36,2	31,5	29,5	26,2	22,9	20,3	18,2	16,5	13,8	11,8
0,45	55,0	50,0	45,9	42,3	39,2	34,1	32,1	28,5	25,0	22,2	20,0	18,1	15,2	13,0
0,50	58,8	53,5	49,1	45,3	42,1	36,7	34,5	30,7	27,0	24,0	21,6	19,6	16,5	14,2
0,55	62,4	58,9	52,2	48,3	44,8	39,2	36,9	32,9	28,9	25,8	23,2	21,1	17,8	15,4
0,60	65,9	60,2	55,3	51,1	47,5	41,6	39,1	35,0	30,8	27,5	24,8	22,6	19,1	16,5
0,65	69,3	63,3	58,2	53,9	50,1	43,9	41,4	37,0	32,7	29,2	26,4	24,0	20,4	17,6

*Продолжение прил.1*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,70	72,6	66,4	61,1	56,6	52,6	46,2	43,5	39,0	34,5	30,8	27,9	25,4	21,6	18,7
0,75	75,8	69,4	63,9	59,2	55,1	48,4	45,0	40,9	36,2	32,4	29,4	26,8	22,8	19,8
0,80	79,0	72,3	66,6	61,7	57,5	50,6	47,7	42,8	37,9	34,8	30,8	28,2	24,0	20,9
0,85	82,1	75,1	69,3	64,2	59,9	52,7	49,7	44,7	39,6	35,6	32,2	29,5	25,2	21,9
0,90	85,1	77,9	71,9	66,7	62,2	54,8	51,7	46,5	41,2	37,1	33,6	30,8	26,3	23,0
0,95	88,0	80,6	74,4	69,1	64,4	56,8	53,7	48,3	42,9	38,5	35,0	32,1	27,5	24,0
1,0	90,9	83,3	76,9	71,4	66,7	58,8	55,6	50,0	44,4	40,0	36,4	33,3	28,6	25,0
1,1	96,5	88,5	81,8	76,0	71,0	62,7	59,3	53,4	47,5	42,8	39,0	35,8	30,7	27,0
1,2	102	93,6	86,5	80,4	75,2	66,5	62,9	56,7	50,5	45,6	41,5	38,2	32,9	28,9
1,3	107	98,5	91,1	84,7	79,2	70,1	66,3	59,9	53,4	48,3	44,0	40,5	34,9	30,7
1,4	112	103	95,5	88,9	83,1	73,7	69,7	60,3	56,3	50,9	46,4	42,7	36,9	32,5
1,5	117	108	99,8	92,9	87,0	77,1	73,0	66,0	59,0	53,4	48,8	44,9	38,8	34,3
1,6	122	112	104	96,9	90,7	80,5	76,2	69,0	61,7	55,9	51,1	47,1	40,7	36,0
1,7	127	117	108	101	94,3	83,8	79,4	71,8	64,3	58,3	53,3	49,1	42,6	37,7
1,8	131	121	112	105	97,9	87,0	82,4	74,6	66,9	60,6	55,5	51,2	44,4	39,3
1,9	136	125	116	108	101	90,1	85,4	77,4	69,3	62,9	57,6	53,2	46,2	40,9
2,0	140	129	120	112	105	93,2	88,4	80,1	71,8	65,1	59,7	55,1	47,9	42,5
2,2	149	137	127	119	111	99,1	94,0	85,3	76,5	69,5	63,7	58,9	51,2	45,5
2,4	157	145	135	126	118	105	99,5	90,3	81,1	73,7	67,6	62,5	54,4	48,4
2,6	165	152	142	132	124	110	105	95,2	85,5	77,7	71,3	66,0	57,5	51,1

## Приложение 2

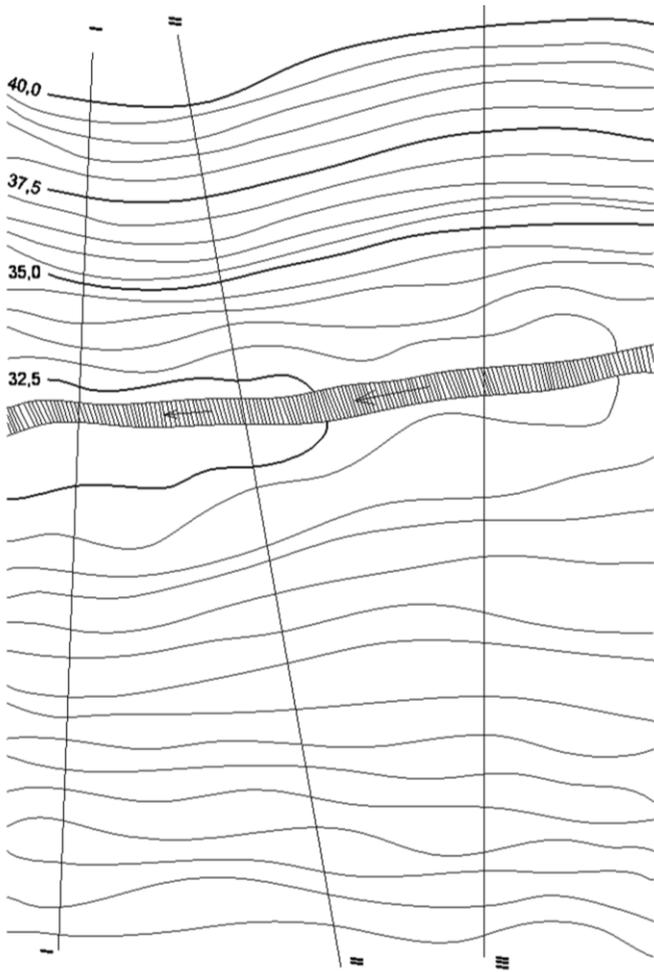
Таблица для определения величин  $\tau'_{c}$  и  $\tau''_{c}$   
по вычисленной  $\Phi(\tau_c)$  (по способу И. И. Агроскина)

$\Phi(\eta_c)$	$\eta'_{c}$	$\eta''_{c}$				
		$\varphi=0,80$	$\varphi=0,85$	$\varphi=0,90$	$\varphi=95$	$\varphi=1,00$
1	2	3	4	5	6	7
0,0044	0,001	0,0501	0,0532	0,0564	0,0696	0,0627
0,0089	0,002	0,0705	0,0740	0,0794	0,0839	0,0884
0,0133	0,003	0,0861	0,0916	0,0971	0,1026	0,1081
0,0177	0,004	0,0990	0,1053	0,1116	0,1179	0,1242
0,0221	0,005	0,1104	0,1174	0,1245	0,1315	0,1386
0,0265	0,006	0,1206	0,1283	0,1360	0,1438	0,1535
0,0309	0,007	0,1299	0,1383	0,1466	0,1549	0,1633
0,0353	0,008	0,1386	0,1475	0,1564	0,1653	0,1742
0,0397	0,009	0,1467	0,1541	0,1636	0,1750	0,1844
0,0441	0,010	0,1543	0,1642	0,1742	0,1841	0,1941
0,0550	0,0125	0,1716	0,1827	0,1938	0,2049	0,2160
0,0660	0,0150	0,1871	0,1993	0,2114	0,2236	0,2357
0,0877	0,0200	0,2142	0,2282	0,2422	0,2562	0,2702
0,0985	0,0225	0,2263	0,2411	0,2559	0,2707	0,2856
0,1094	0,0250	0,2376	0,2532	0,2688	0,2844	0,3000
0,1309	0,030	0,2584	0,2754	0,2924	0,3095	0,3265
0,1736	0,040	0,2942	0,3137	0,3334	0,3529	0,3724
0,2159	0,050	0,3246	0,3464	0,3681	0,3899	0,4116
0,2577	0,060	0,3511	0,3748	0,3985	0,4222	0,4459
0,2991	0,070	0,3747	0,4002	0,4256	0,4510	0,4765
0,3399	0,080	0,3959	0,4229	0,4500	0,4770	0,5041
0,3804	0,090	0,4151	0,4436	0,4721	0,5006	0,5291
0,4203	0,100	0,4326	0,4625	0,4923	0,5222	0,5521
0,4597	0,110	0,4486	0,4798	0,5109	0,5420	0,5732
0,4987	0,120	0,4634	0,4957	0,5280	0,5603	0,5927
0,5371	0,130	0,4770	0,5104	0,5438	0,5773	0,6107
0,5752	0,140	0,4896	0,5240	0,5585	0,5930	0,6275
0,6127	0,150	0,5012	0,5366	0,5721	0,6076	0,6431
0,6496	0,160	0,5120	0,5484	0,5847	0,6211	0,6576
0,6861	0,170	0,5220	0,5592	0,5965	0,6337	0,6710
0,7220	0,180	0,5312	0,5693	0,6074	0,6455	0,6836
0,7575	0,190	0,5398	0,5786	0,6175	0,6564	0,6953

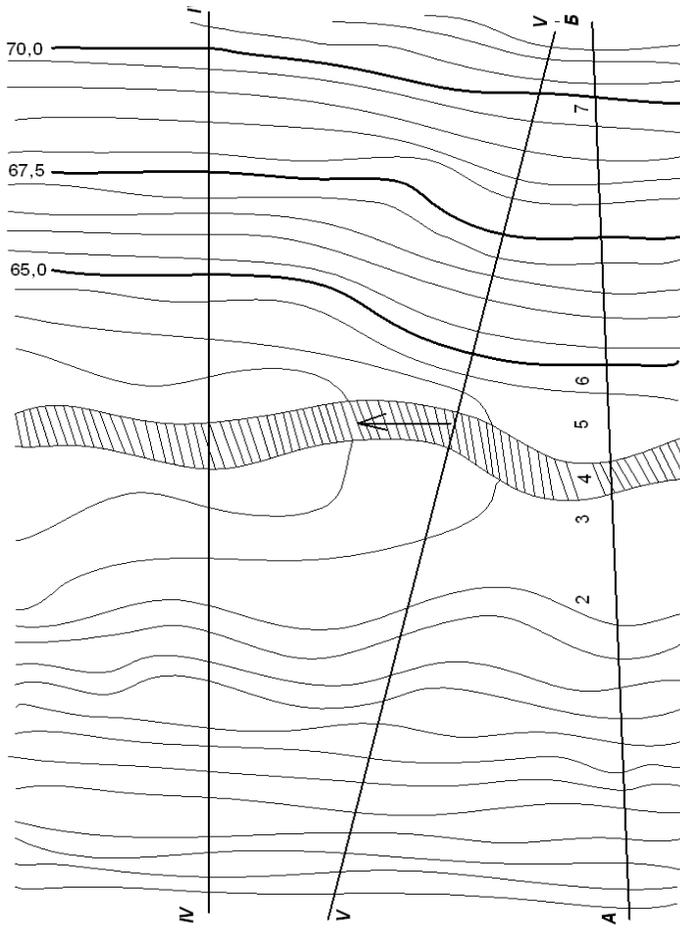
*Продолжение табл.2*

1	2	3	4	5	6	7
0,7924	0,200	0,5478	0,5873	0,6269	0,6666	0,7062
0,8608	0,220	0,5619	0,6028	0,6437	0,6847	0,7258
0,9269	0,240	0,5738	0,6159	0,6581	0,7003	0,7446
0,9908	0,260	0,5838	0,6270	0,6702	0,7135	0,7569
1,0525	0,280	0,5919	0,6360	0,6802	0,7245	0,7689
1,1120	0,300	0,5984	0,6434	0,6884	0,7335	0,7787
1,1690	0,320	0,6033	0,6490	0,6948	0,7406	0,7866
1,2236	0,340	0,6068	0,6530	0,6994	0,7460	0,7926
1,2758	0,360	0,6088	0,6556	0,7025	0,7496	0,7967
1,3255	0,380	0,6095	0,6568	0,7041	0,7516	0,7992
1,3493	0,390	0,6094	0,6568	0,7043	0,7520	0,7998
1,3726	0,400	0,6090	0,6565	0,7042	0,7520	0,8000
1,4170	0,420	0,6072	0,6549	0,7029	0,7510	0,7992
1,4586	0,440	0,6041	0,6521	0,7002	0,7484	0,7968
1,4974	0,460	0,5999	0,6479	0,6961	0,7445	0,7930
1,5333	0,480	0,5946	0,6426	0,6908	0,7391	0,7876
1,5662	0,500	0,5882	0,6360	0,6841	0,7324	0,7808
1,5959	0,520	0,5806	0,6282	0,6771	0,7242	0,7725
1,6224	0,540	0,5719	0,6193	0,6668	0,7147	0,7627
1,6455	0,560	0,5621	0,6091	0,6563	0,7038	0,7515

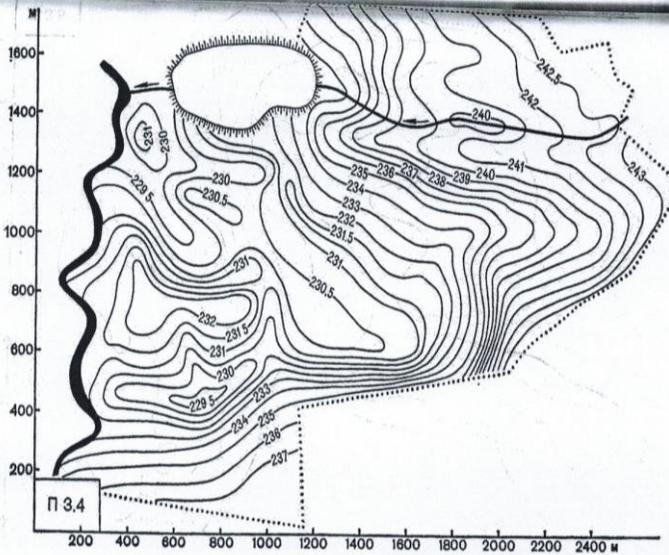
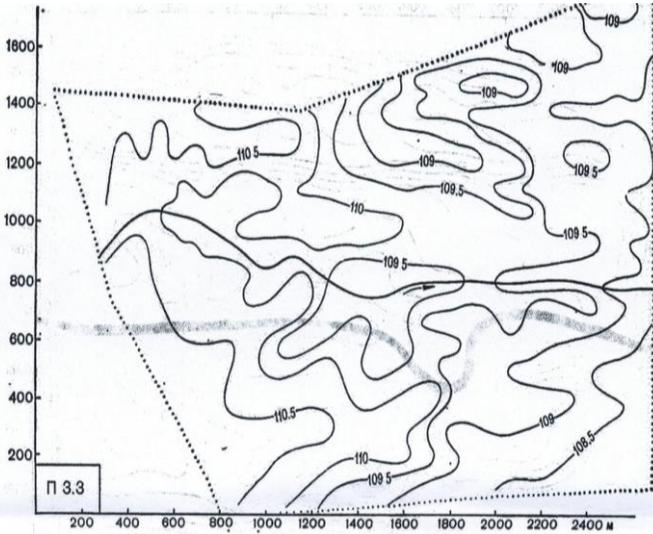
## Приложение 3

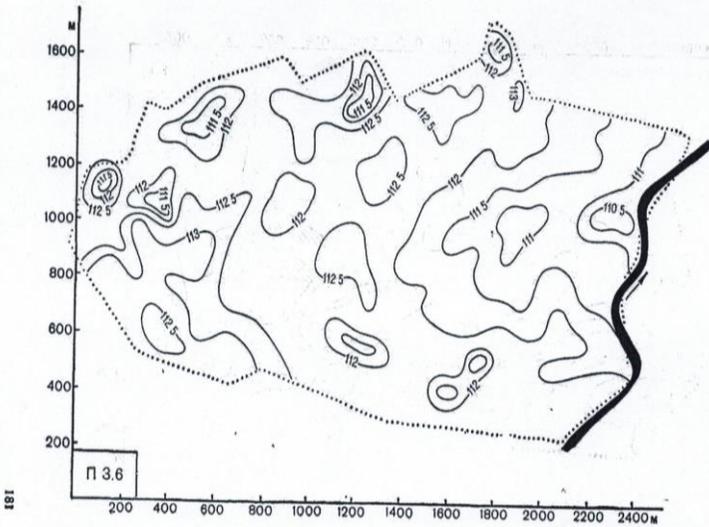
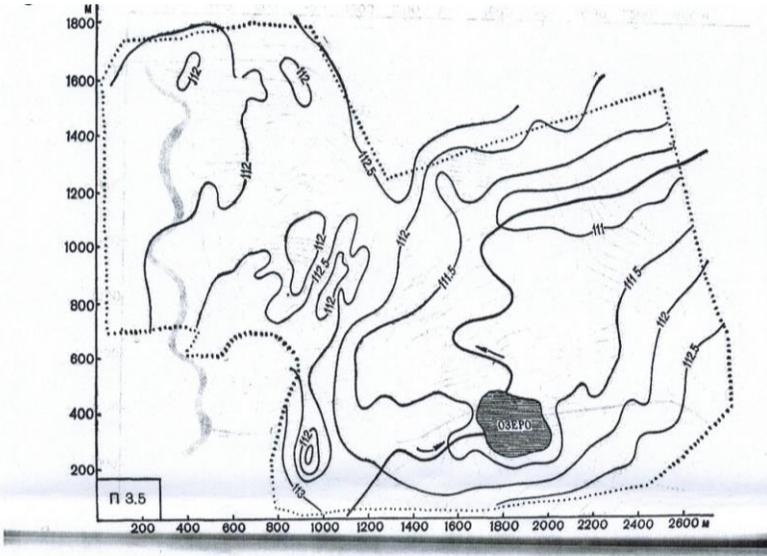


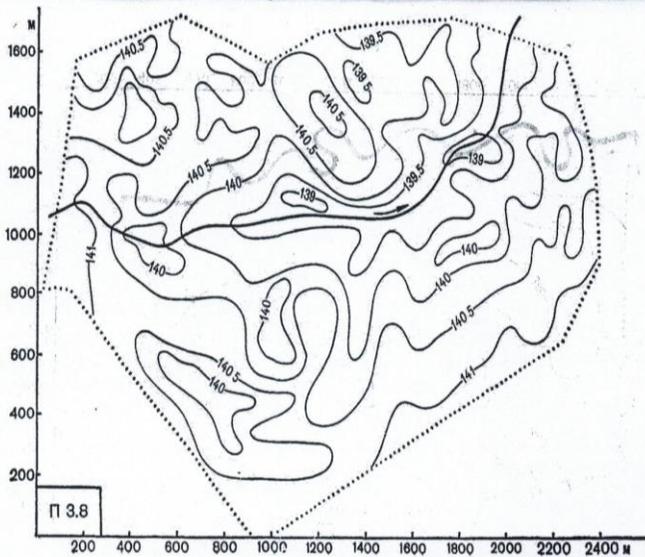
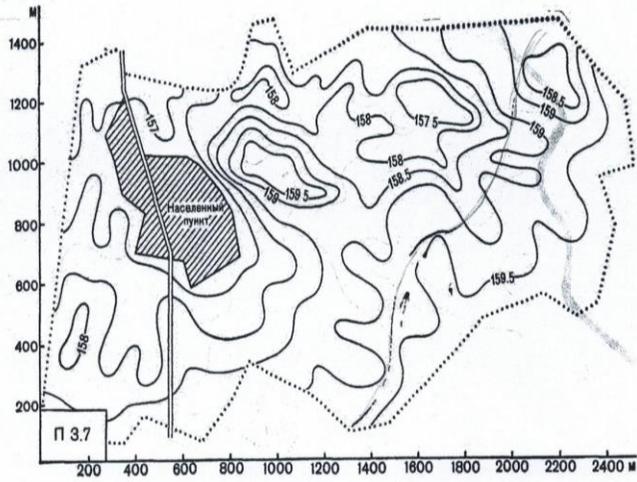
## Приложение 3

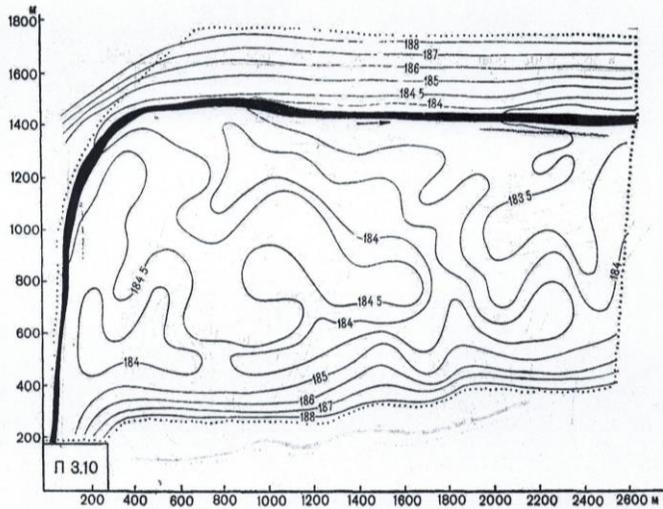
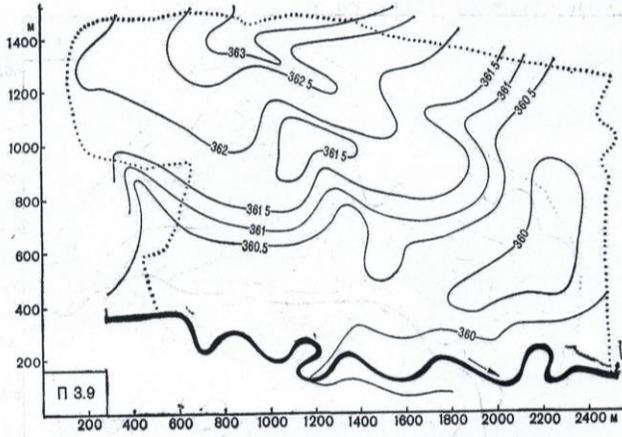


## Приложение 4

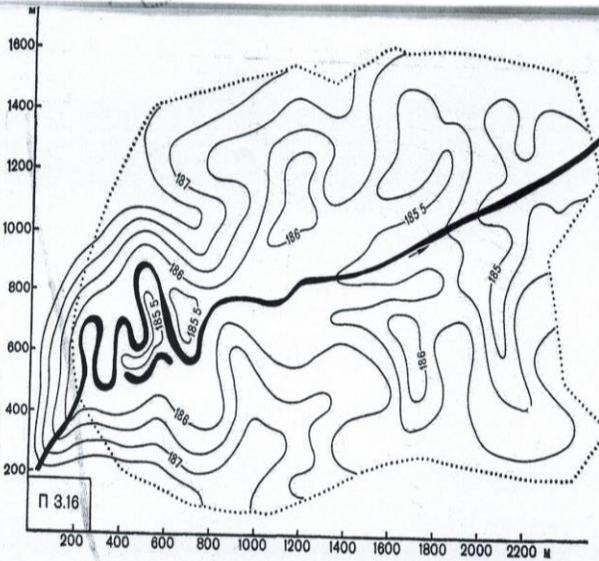
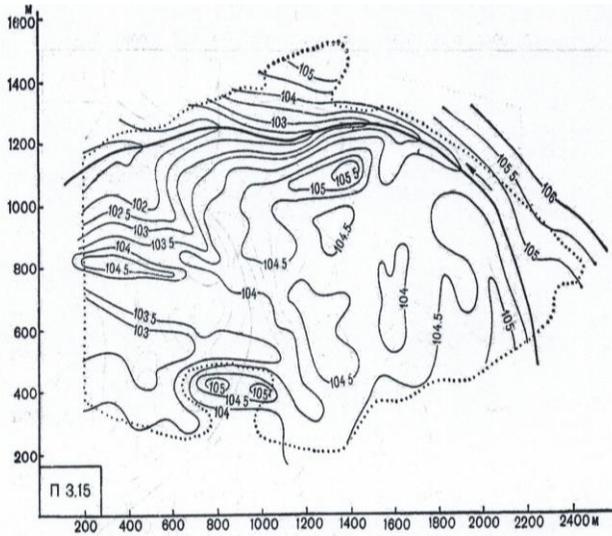












Приложение 5

Номер схемы	Последовательность чередования сельскохозяйственных культур							
	Овес	Многолетние травы	Многолетние травы	Озимая пше- ница	Лен	Кукуруза на силос	Озимая рожь	Картофель
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Многолетние травы	Многолетние травы	Озимая рожь	Свекла кор- мовая	Картофель	Яровые зер- новые	Кукуруза на силос	-
3	Многолетние травы	Многолетние травы	Озимая рожь	Свекла кор- мовая	Кукуруза на силос	Ячмень	-	-
4	Многолетние травы	Озимая пше- ница	Сахарная свекла	Кукуруза на силос	Озимая пше- ница	Картофель	Ячмень	Многолетние травы
5	Озимая пше- ница	Картофель	Свекла кор- мовая	Кукуруза на силос	Многолетние травы	Многолетние травы	-	-
6	Многолетние травы	Многолетние травы	Озимая рожь	Лен	Картофель	Ячмень	-	-
7	Сахарная свекла	Кукуруза на силос	Картофель	Овес	Многолетние травы	Озимая рожь	-	-
8	Многолетние травы	Многолетние травы	Озимая пше- ница	Кукуруза на силос	Ячмень	-	-	-
9	Многолетние травы	Многолетние травы	Многолетние травы	Картофель	Свекла кор- мовая	Ячмень	Столовая свекла	Овес
10	Многолетние травы	Многолетние травы	Лен	Свекла кор- мовая	Кукуруза на силос	Картофель	Помидоры	-
11	Многолетние травы	Многолетние травы	Озимая рожь	Лен	Картофель	Однолетние травы	-	-
12	Многолетние травы	Лен	Озимая	Картофель	Ячмень	-	-	-
13	Овес	Кукуруза	Многолетние травы	Многолетние травы	Многолетние травы	Кукуруза на силос	Овес	Кукуруза на силос

Продолжение табл.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Многолетние травы	Многолетние травы	Многолетние травы	Кукуруза на силос	Зерно-бобовая смесь	Кукуруза на силос	Зерно-бобовая смесь	-
15	Однолетние травы	Озимая рожь	Лен	Картофель	Кукуруза на силос	Ячмень	-	-
16	Многолетние травы	Озимая рожь	Картофель	Многолетние травы	Озимая рожь	Гречиха	Многолетние травы	Озимая рожь
17	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Картофель	Лен	Свекла кормовая	Многолетние травы	Многолетние травы	-
18	Многолетние травы	Озимая пшеница	Сахарная свекла	Кукуруза на силос	Картофель	Ячмень	-	-
19	Многолетние травы	Озимая пшеница	Помидоры	Картофель	Ячмень	-	-	-
20	Многолетние травы	Многолетние травы	Многолетние травы	Помидоры	Картофель	Свекла кормовая	Кукуруза на силос	Овес
21	Ячмень	Многолетние травы	Лен	Сахарная свекла	Картофель	Кукуруза на силос	Озимая пшеница	-
22	Многолетние травы	Озимая рожь	Ячмень	Сахарная свекла	Свекла кормовая	Помидоры	-	-
23	Картофель	Кукуруза на силос	Озимая рожь	Однолетние травы	Однолетние травы	Однолетние травы	-	-
24	Многолетние травы	Озимая рожь	Зерно-бобовая смесь	Лен	Овес	Картофель	-	-
25	Однолетние травы	Лен	Озимая рожь	Картофель	Ячмень	Озимая рожь	-	-

*Учебное издание*

*Гребенищикова Елена Александровна,  
Горбачева Наталья Анатольевна*

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ

*Учебное пособие*

*В редакции составителя  
Компьютерная верстка Н.Н. Федотовой*

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.  
Подписано к печати 07.02.2019 г. Формат 60×90/16.  
Уч.-изд.л. – 7,2. Усл.-п.л. – 10,0.  
Тираж 50 экз. Заказ 48.

---

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства  
Дальневосточного государственного аграрного университета  
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86