

631.6  
P.648



631.631

В. А. Розин, А. И. Безменов,  
В. Д. Луганский

631.6  
P 648

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

*Допущено Главным управлением высшего и среднего  
сельскохозяйственного образования Министерства  
сельского хозяйства СССР в качестве учебного посо-  
бия для сельскохозяйственных техникумов по спе-  
циальности «Гидромелиорация»*

651051

БИБЛИОТЕКА  
Сам. СХИ  
гир Самарканд



ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС»  
Москва — 1965

*От издательства*

Книга написана по программе курса «Сельскохозяйственные мелиорации» и предназначена в качестве учебного пособия для гидромелиоративных техникумов.

Учебное пособие состоит из трех разделов: «Оросительные мелиорации», «Осушительные мелиорации» и «Борьба с эрозией почв».

В первом и втором разделах книги учебный материал изложен применительно к числу часов, предусмотренных программой соответственно для зоны орошения и зоны осушения. При прохождении курса в техникумах, расположенных в зоне осушения или орошения, учебный материал соответственно по первому и второму разделам должен быть сокращен по усмотрению предметной комиссии техникума.

Учебное пособие написано под общей редакцией кандидата технических наук В. А. Розина. Им же написаны введение и теоретическая часть по второму и третьему разделам: «Осушительные мелиорации» и «Борьба с эрозией почв». Теоретическая часть по первому разделу «Оросительные мелиорации» написана кандидатом сельскохозяйственных наук А. И. Безменовым, а материалы по лабораторно-практическим занятиям по всем разделам — инженером В. Д. Луганским.

Отзывы о книге и замечания просьба направлять по адресу: Москва, К-31, ул. Дзержинского, 1/19, издательство «Колос».

## ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственные мелиорации — это система мероприятий, задачей которых является длительное (коренное) улучшение неблагоприятных природных условий мелиорируемой территории для получения устойчивых высоких урожаев всех сельскохозяйственных культур.

На землях, уже используемых в сельском хозяйстве, эти мероприятия дополняют общий комплекс агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий социалистического земледелия. Их применяют лишь в тех случаях, когда из-за местных неблагоприятных условий данного объекта общий комплекс мероприятий не может дать требуемого эффекта. Освоение новых земель с неблагоприятными природными условиями вообще невозможно без проведения на них сельскохозяйственных мелиораций.

Все сельскохозяйственные мелиорации подразделяются на две основные группы: гидротехнические мелиорации, направленные на улучшение естественных водных условий мелиорируемой территории и связанных с ними теплового и питательного режимов почвы, и культуртехнические работы, которые заключаются в подготовке мелиорируемой территории к сельскохозяйственному использованию.

В состав гидротехнических мелиораций, в свою очередь, входят орошение и обводнение, обеспечивающие восполнение недостатка влаги в почве; осушение, обеспечивающее устранение избытка влаги в почве, и противозрозионные мероприятия, направленные на борьбу с вредным механическим действием вод, стекающих по поверхности.

В состав культуртехнических работ входят: расчистка кустарника, корчевка, срезка кочек, уборка камня и первичная обработка мелиорируемых земель.

В основном перечисленные виды сельскохозяйственных мелиораций имеют зональное распространение. На обширной

территории южных районов СССР, где общее количество атмосферных осадков недостаточно для обеспечения потребности во влаге большинства сельскохозяйственных культур, преобладающими видами сельскохозяйственных мелиораций являются орошение и обводнение. Наоборот, в северных районах СССР, где количество атмосферных осадков велико и сельскохозяйственные культуры часто страдают от избыточного увлажнения почвы, наиболее распространены осушительные мелиорации.

В средней полосе СССР, где в зависимости от местных природных условий может быть как недостаток, так и избыток влаги, в некоторых случаях необходимо орошение, а в других случаях, наоборот, осушение.

Однако такое зональное распределение оросительных и осушительных мелиораций очень условно. Так, в северной зоне преимущественно избыточного увлажнения в отдельные более засушливые годы некоторые сельскохозяйственные культуры (овощные, ягодные и др.) могут страдать от недостатка влаги и нуждаться в орошении. Наоборот, в зоне недостаточного увлажнения довольно обширные территории, расположенные в долинах некоторых рек, заболочены и нуждаются в осушении.

Противоэрозионные мероприятия наиболее распространены в средней полосе СССР, а также в южных горных и предгорных районах, где процессы эрозии почв протекают наиболее интенсивно.

Культуртехнические работы наиболее развиты в зоне избыточного увлажнения, где осушаемые земли во многих случаях покрыты древесно-кустарниковой растительностью и кочками и засорены камнями.

На территории СССР мелиоративные работы проводились уже в глубокой древности. Известно, что орошение на территории современных Среднеазиатских республик уже применяли около десяти тысяч лет тому назад. С древних времен существуют также оросительные системы в Закавказье.

Однако более широкое развитие работы по строительству оросительных систем в этих районах, а также на Северном Кавказе и в Поволжье получили лишь во второй половине XIX в. В конце прошлого столетия были начаты также и осушительные работы в Полесье, в Барабинской низменности, в северных и северо-западных губерниях России.

За годы Советской власти площадь орошаемых земель увеличилась с 4 до 12,3 млн. га, из которых в настоящее время интенсивно используется около 8,2 млн. га. Площадь осушенных земель соответственно увеличилась с 3 до 8,6 млн. га, из которых используется под пашней и культурными лугами около 4 млн. га.

В то же время в СССР имеются еще громадные площади пригодных для сельскохозяйственного использования земель, на которых необходимо проведение мелиоративных работ: земель,

пригодных для орошения, около 58 млн. га и избыточно увлажненных земель, требующих осушения, свыше 100 млн. га.

Важной практикой земледелия и многочисленными советскими и зарубежными научными учреждениями выработаны общие схемы мелиоративных мероприятий, а также технические нормы проектирования и строительства по большинству видов сельскохозяйственных мелиораций.

Так, в области оросительных мелиораций разработаны рациональные поливные режимы для большинства сельскохозяйственных культур, а также прогрессивная техника поверхностного орошения с использованием переносных трубопроводов, техника орошения дождеванием, вопросы орошения на местном стоке и др.

В области осушительных мелиораций хорошо разработаны способы осушения торфяных болот и минеральных избыточно увлажненных земель с легкими почвами, а также вопросы регулирования водоприемников.

Однако ряд сложных вопросов сельскохозяйственных мелиораций до настоящего времени еще не получил полного разрешения и требует дальнейшей научной разработки. К числу таких вопросов относятся: подпочвенное орошение, борьба с засолением и заболачиванием при орошении, осушение тяжелых почв закрытыми осушительными системами и др.

Очень большое значение для разработки рациональных приемов сельскохозяйственных мелиораций имеет учет и использование богатого опыта передовиков мелиоративного строительства и эксплуатации мелиоративных систем.

Все современные научные разработки по вопросам сельскохозяйственных мелиораций и вырабатываемые на их основе практические рекомендации по техническим нормам проектирования мелиоративных систем исходят из следующих принципиальных положений.

Всякое культивируемое растение может жить и нормально развиваться, если оно бесперебойно получает в необходимом количестве свет, тепло, пищу, воду и воздух. Эти основные факторы жизни растений подразделяются на две группы: космические — свет, тепло и воздух, на количественное изменение которых при современном уровне науки мы не можем оказать влияния, и земные — пищу и воду, приток которых к растениям может регулировать человек. Как пища, так и вода проникают в растение главным образом через его корневую систему, находящуюся в почве. Поэтому для обеспечения растений пищей и водой нужно постоянно поддерживать их в необходимом количестве в корнеобитаемом слое почвы. При этом поддержание в корнеобитаемом слое необходимых запасов пищи обеспечивается системой удобрений сельскохозяйственных культур, а регулирование содержания в корнеобитаемом слое влаги, если естественный режим

влажности его неблагоприятен, является задачей гидротехнических мелиораций.

Естественный режим влажности корнеобитаемого слоя почвы всецело определяется его водным балансом, под которым понимается соотношение между притоком воды в корнеобитаемый слой и ее расходом из этого слоя за некоторый определенный промежуток времени. Приходными статьями водного баланса корнеобитаемого слоя являются: атмосферные осадки, грунтовые воды, стекающие на данный участок по поверхности почвы с вышележащего водосбора, и вода, которая конденсируется в почве из водяного пара. Основными расходными статьями водного баланса корнеобитаемого слоя почвы будут: суммарное испарение (испарение с поверхности почвы плюс влага, транспирируемая растениями), поверхностный сток (сток по поверхности почвы за пределы рассматриваемого участка) и внутренний сток (просачивание гравитационных вод в подпочвенные слои).

Таким образом, при неблагоприятном для развития сельскохозяйственных культур естественном водном балансе корнеобитаемого слоя необходимо: при недостатке влаги в корнеобитаемом слое увеличить приходные и уменьшить расходные статьи водного баланса, а при накоплении в нем избыточной влаги, наоборот, увеличить расходные и уменьшить приходные статьи водного баланса.

Из всех перечисленных статей водного баланса корнеобитаемого слоя только конденсация воды в почве из водяного пара практически не может регулироваться человеком, все же остальные статьи водного баланса могут быть увеличены или уменьшены с помощью тех или других гидротехнических мелиораций или агротехнических приемов земледелия. Недостаток атмосферных осадков может быть восполнен орошением, поступление воды в корнеобитаемый слой может быть увеличено путем искусственного подъема уровня грунтовых вод шлюзованием, избыточные воды из корнеобитаемого слоя могут быть отведены с помощью осушительных систем путем увеличения поверхностного или внутреннего стока, испарение с поверхности почвы может быть значительно уменьшено с помощью рыхления верхней части пахотного слоя.

Из сказанного следует, что гидротехнические мелиорации являются мощным средством регулирования водного режима корнеобитаемого слоя почвы, а следовательно, и действенным средством получения высоких и устойчивых урожаев всех сельскохозяйственных культур, независимо от условий погоды.

Сельскохозяйственные мелиорации тесно связаны с целым рядом смежных отраслей народного хозяйства, которые в той или иной мере касаются использования водных ресурсов. К числу таких отраслей относятся: использование водной энергии, водный

транспорт и лесосплав, водоснабжение и канализация промышленных предприятий и населенных пунктов, рыбное хозяйство, строительство железных и шоссейных дорог и др.

Так, например, при строительстве крупных оросительных каналов на них могут быть построены одна или целый ряд гидроэлектростанций для получения дешевой электроэнергии. Эти каналы могут быть также использованы для местного судоходства, а часть поступающей по каналу оросительной воды может быть израсходована для водоснабжения лежащих вдоль него населенных пунктов и промышленных предприятий.

С другой стороны, во многих случаях при строительстве крупных водохранилищ гидроэлектростанций значительные прилегающие к ним площади страдают от подтопления вследствие подъема в этой зоне уровня грунтовых вод. В этом случае одновременно со строительством подпорных гидросооружений необходимо проводить специальные гидромелиоративные работы, предупреждающие подтопление.

В зоне избыточного увлажнения при проведении осушительных работ часто снижение уровня воды в реке-водоприемнике противоречит интересам водного транспорта, лесосплава и рыбного хозяйства, которые, наоборот, заинтересованы в том, чтобы уровень воды в реке более длительное время стоял возможно выше. В этих случаях необходимо разработать такой режим уровня воды в реке, который удовлетворял бы в необходимой мере интересы различных отраслей народного хозяйства.

Весьма важным является также вопрос взаимной увязки отметок дна рек, ручьев и других водотоков, по которым проектируются каналы гидромелиоративных систем, с отметками укрепленных оснований отверстий мостов и труб на пересекающих их железных и шоссейных дорогах. Высокое положение этих оснований на уже построенных железных и шоссейных дорогах во многих случаях затрудняет проектирование и строительство осушительных и оросительных каналов.

Цель курса «Сельскохозяйственные мелиорации» — дать учащимся теоретические знания и практические навыки по изысканиям, проектированию и строительству оросительных и осушительных систем, а также проведению гидротехнических мероприятий по борьбе с эрозией почв.



РАЗДЕЛ I  
**ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ**

---

ГЛАВА I  
**ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРОСИТЕЛЬНЫХ  
МЕЛИОРАЦИЯХ**

**§ 1. Виды и способы орошения**

**Значение орошения.** Орошение является мощным средством подъема всех отраслей сельскохозяйственного производства в СССР и имеет большое народнохозяйственное значение. В пустынной и полупустынной зонах интенсивное ведение сельского хозяйства невозможно без орошения. Благодаря орошению эти территории превращаются в цветущие оазисы с посевами ценных технических, продовольственных и кормовых культур, с садами и виноградниками; они снабжают страну хлопком, рисом, кенафом, джутом, фруктами и другими культурами.

В степной зоне развитие и устойчивость зернового хозяйства, увеличение производства овощей, картофеля, сахарной свеклы и продуктов животноводства также в значительной степени зависят от орошения.

Орошение дает большой эффект не только на юге СССР, но и в центральных и северных районах, например в Московской и даже Ленинградской областях.

Орошение играет большую роль в производстве сельскохозяйственных продуктов не только в СССР, но и во всем мире. На земном шаре поливается 193 млн. га, что составляет только 14% общей площади пашни и насаждений, а продуктами орошаемого земледелия обеспечивается более половины населения земного шара.

Коммунистическая партия и Советское правительство уделяли и уделяют большое внимание орошению. В программе КПСС предусмотрено: «Выполнить обширную программу ирригационного строительства для орошения и обводнения миллионов гектаров новых земель в засушливых районах и подъема существующего поливного земледелия».

В СССР уже разработан перспективный план ирригационного строительства, по которому намечается увеличить орошаемую площадь с 12 до 28 млн. га.

**Виды оросительных мелиораций.** Орошение (иригация) есть искусственное пополнение запасов воды в недостаточно увлажненной почве для создания в ней водно-воздушного и связанного с ним пищевого и теплового режима, благоприятного для роста и развития растений, независимо от выпадения атмосферных осадков.

Оросительные мелиорации делятся на: 1) увлажнительное орошение; 2) удобрительное орошение; 3) специальное орошение.

Увлажнительное орошение применяется для создания в почве нужного водного и воздушного режима. Этот вид орошения является основным, преобладающим в СССР и других странах земного шара. Оно нужно везде, где растения не обеспечены требуемым количеством воды в течение всего вегетационного периода или его части.

Увлажнительное орошение делится на регулярно действующее и однократно действующее.

Регулярно действующее орошение, иначе называемое pravidльным, это такое орошение, при котором почва увлажняется в нужные сроки и в требуемом количестве.

При поступлении воды в оросительную сеть из источника орошения самотеком орошение называется самотечным; при механическом подъеме воды из источника орошения в оросительную сеть (насосами и др.) орошение называется механическим.

В СССР регулярно действующее самотечное орошение является основным и составляет 77%, а механическое орошение только 9% всей орошаемой площади.

При однократно действующем орошении почва увлажняется только один раз в год путем затопления площади. Если затопление производится ранней весной водой весеннего стока, то такое орошение называется лиманным, а если используется вода из каналов в период паводка в реке, — паводковым. Лиманное орошение в СССР широко распространено в Казахской ССР, в РСФСР и на Украине и составляет 14% всей орошаемой площади.

Удобрительное орошение мало распространено и применяется для внесения удобрения в почву с помощью воды, которая, являясь растворителем удобрений, транспортирует их в увлажняемый слой почвы. Сюда относится полив сточными водами городской канализации, а также полив полыми водами, содержащими большое количество взвешенных наносов, которые отлагаются на орошаемых землях и удобряют их.

К специальным видам орошения относятся почвоочищающее, отоплительное и др.

Почвоочищающее орошение применяют для удаления из почвы избытка вредных солей, для истребления вредителей сельскохозяйственных растений, например мышей, личинок майского жука и филлоксеры, путем затопления водой очищаемой почвы.

орошаемых земель. Если при этом грунтовые воды сильно минерализованы и содержат вредные соли, то в результате большого испарения воды в верхнем слое отлагается много солей и почва оказывается засоленной (вторичное засоление) и непригодной для выращивания сельскохозяйственных культур.

Орошение оказывает положительное влияние на микробиологические процессы, протекающие в почве. Оно усиливает действие анаэробных микробов и тем самым замедляет минерализацию растительных остатков, способствует накоплению гумуса и активизирует процесс нитрификации. Однако излишнее увлажнение почвы уменьшает содержание нитратов в ее верхних горизонтах.

Орошение создает также благоприятные условия для жизни и размножения дождевых червей, которые способствуют образованию структуры почвы.

**Влияние орошения на микроклимат и растения.** Орошение благоприятно влияет на микроклимат приземного слоя воздуха орошаемой территории.

Днем орошение понижает максимальную температуру воздуха (на высоте 0,5 м разница достигает 6°), а ночью повышает минимальную (разница достигает 3°). В холодную погоду орошение согревает почву и воздух и позволяет обезвредить действие заморозков от  $-2^{\circ}$  до  $-3,5^{\circ}$ , если заранее произвести полив.

Поливы повышают относительную влажность воздуха (разность достигает 20—50%), снижают максимальную температуру поверхности почвы (разница достигает 25°) и уменьшают амплитуду ее колебания по сравнению с неорошаемой на 10—15°.

Благоприятное действие орошения на микроклимат в наибольшей степени проявляется в процессе полива, особенно дождеванием. Действие орошения длится 7—10 суток, в течение которых разница температуры воздуха, почвы и относительной влажности воздуха сглаживается. При наличии полезащитных лесных полос влияние орошения на микроклимат усиливается.

В период воздушной и почвенной засухи орошение улучшает снабжение растения водой, улучшает микроклимат, повышает плодородие почвы и тем самым оказывает весьма существенное положительное влияние на рост, развитие и урожай растений. При увлажнении почвы всасывающая сила корней растений снижается, тургор (упругость) тканей повышается, листовая поверхность увеличивается, устьица открываются больше, чаще и на более длительное время, поэтому ассимиляция идет интенсивнее, чем у неорошаемых растений. Корневая система во влажной почве быстро растет и бесперебойно обеспечивает все органы растения водой и пищей в требуемом количестве. Все это обуславливает значительное повышение урожая сельскохозяйственных культур на орошаемых землях по сравнению с неорошаемыми.

Так, например, в Заволжье в среднем за 10 лет урожай орошаемой яровой пшеницы был в пять раз выше, чем неорошаемой.

В центральной черноземной зоне орошение повышает урожай яровой и яровой пшеницы, сахарной свеклы, томатов, капусты поздней и лука на репку в полтора-два раза.

Поливы в период засухи в Московской, Ленинградской и других областях нечерноземной полосы также повышают урожай овощных культур и корнеплодов в полтора-два раза. Орошение повышает урожай плодов и ягод в садах, увеличивает годичный прирост деревьев и повышает их морозостойкость.

## § 2. Элементы оросительной системы

**Оросительная система.** Оросительной системой называется комплекс сооружений, служащих для орошения определенной площади.

Рассмотрим элементы оросительной системы (рис. 1).

1. Источник орошения 1 (река, пруд, озеро, грунтовые воды). Он должен полностью удовлетворить потребности в воде

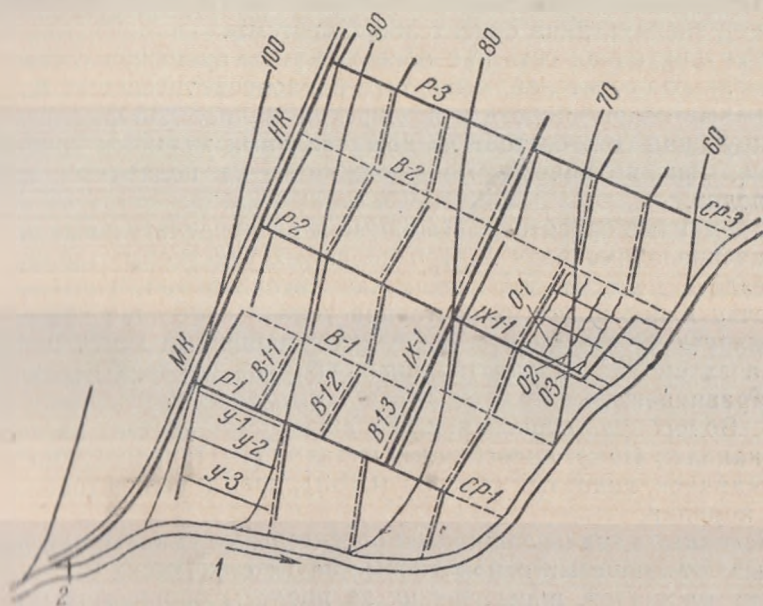


Рис. 1. Схема оросительной системы:

1 — источник орошения; 2 — водозаборное сооружение. МК — магистральный канал; Р-1, Р-2, Р-3, ИК-1, У-1, У-2 и т. д. — распределительные каналы; О-1, О-2 и т. д. — временные оросители; В-1, В-2 — водосборы первого порядка; В-1-2 — водосборы второго порядка; СР-1 — сбросы на распределителях первого порядка; ИК — ирригационный канал.

орошаемого массива. Вода должна быть пригодной для орошения сельскохозяйственных культур.

2. Водозаборное (головное) сооружение 2, которое подает воду из водосточника в магистральный канал.

3. Оросительная сеть состоит из проводящих каналов и регулирующей сети. Проводящие каналы доставляют (проводят) и распределяют воду от источника орошения до орошаемого поля, а регулирующая сеть переводит воду из состояния водных токов в состояние почвенной влажности.

К проводящим каналам относятся: а) магистральный канал и его ветви и б) межхозяйственные, хозяйственные и внутрихозяйственные распределители.

Магистральный канал (МК) и его ветви (ВМК) подают воду от водозаборного сооружения до распределителей различных порядков.

Межхозяйственные распределители (IX) подают воду из магистрального канала нескольким хозяйствам.

Хозяйственные распределители (IX—1) подают воду одному хозяйству, и внутрихозяйственные распределители (IX—1—1) распределяют воду по бригадам, севооборотам, поливным участкам внутри хозяйства.

Проводящие каналы строят постоянными: один раз на весь период эксплуатации оросительной системы.

Регулирующая сеть при поверхностном орошении состоит из временных оросителей, выводных и распределительных борозд, поливных полос, борозд и чеков; при поливе дождеванием регулирующая сеть состоит из дождевальных машин и трубопроводов, при подпочвенном орошении — из подземных трубопроводов.

Временные оросители, выводные и распределительные борозды распределяют воду внутри поливных участков по поливным бороздам, полосам или чекам, из которых вода впитывается в почву и переходит из состояния тока в состояние почвенной влажности. Эти элементы выполняют машинами перед поливом, а затем (перед культивацией, уборкой и перед вспашкой) их заравнивают.

4. Водосборно-сбросная и дренажная сеть состоит из нагорных каналов (НК), водосборных каналов (В-1), предохранительных каналов, концевых сбросов (СР-3), дрен и коллекторов разного порядка.

Нагорные каналы защищают оросительные каналы, они перехватывают ливневые и паводковые воды, стекающие с вышележащих площадей, и отводят их за пределы орошаемой территории.

Водосборные каналы собирают ливневые воды с орошаемых земель, сбросные воды из оросительных каналов и с поливного участка и отводят их в водоприемник.

Предохранительные (запасные) сбросы служат для быстрого опорожнения каналов от воды или отключения отдельных участков канала, а также для промывки каналов от наносов.

Концевые сбросы являются продолжением оросительных каналов и служат для опорожнения каналов и сброса избыточной воды из каналов в водоприемник.

Дрены собирают грунтовые воды и понижают их уровень. Коллекторы разных порядков принимают воду из дрен и отводят ее в водосбросные каналы.

5. Гидротехнические сооружения (арматура каналов) служат для измерения и регулирования расходов, скорости движения и горизонтов воды в каналах.

6. Дороги, телефонная и электрическая сеть, производственные постройки управления системы служат для эксплуатации оросительной системы.

В отдельных случаях оросительная система может не иметь некоторых элементов.

**Поливной участок.** Участок, на котором устраивается только временная оросительная сеть, называется поливным. Территория поливного участка ограничена постоянными оросительными и дренажными каналами, непроходимыми для тракторов и других машин. Временные оросители и выводные борозды, расположенные на поливном участке, в случае необходимости нарезают и заравнивают тракторными универсальными канавокопателями. Вспашку, боронование, посев, культивацию, подкормку, уборку урожая на поливном участке выполняют тракторными агрегатами, поэтому поливной участок является такой единицей обрабатываемой площади, на которой орошение взаимосвязано с механизацией всех сельскохозяйственных работ.

Ввиду того что производительность тракторных агрегатов на вспашке и других работах существенно снижается при длине хода менее 400 м, необходимо принимать все меры к увеличению площади поливного участка.

Как правило, поливной участок должен иметь площадь: а) в районах с посевами зерновых культур 40—60 га и более; б) в хлопкосеющих районах 20—40 га и более, на землях со сложным рельефом и учащенной дренажной сетью, с большим количеством ценных древесных насаждений вдоль постоянных каналов допустима площадь 10—20 га.

### § 3. Экономическая эффективность орошения

Главное требование, которое предъявляется к орошению во всех зонах СССР, сводится к тому, чтобы оно повышало плодородие почв, создавало благоприятные условия для роста и развития растений, обеспечивало получение высоких урожаев

наиболее ценных культур при отличном качестве продукции и низкой себестоимости.

В соответствии с потребностями народного хозяйства страны в районах Средней Азии и в Закавказье, богатых теплом и светом, орошение предназначено главным образом для производства ценных технических и зерновых культур: хлопчатника, кукурузы, риса, джута, кенафа, табака, фруктов. В районах Казахстана, Крыма, Северного Кавказа, юга Украины, в степях Поволжья и Сибири на орошаемых землях выращивают наиболее отзывчивые на орошение ценные культуры: кукурузу, рис, пшеницу, сахарную свеклу, овощи, картофель, виноград и др. В районах центрально-черноземной полосы орошение используют в основном для выращивания овощей, кукурузы и сахарной свеклы.

Правильно сочетая орошение, систему органических и минеральных удобрений, высокую агротехнику, передовики орошаемого земледелия создают в течение всего вегетационного периода в почве оптимальные соотношения воды, пищи и воздуха, при которых районированные сорта культур дают высокие урожаи с отличным качеством продукции. Например, Герой Социалистического труда звеньевой колхоза «Кзыл-Ту» Казахской ССР Ибрай Жахаев более 20 лет выращивает в среднем 70—90 ц/га зерна риса, а в 1946 г. на площади 5 га собрал по 170 ц/га.

В колхозе «Хумала» Северо-Осетинской АССР на площади 50 га в 1961 г. было собрано по 200 ц/га зерна кукурузы в початках и с 50 га по 1420 ц/га зеленой массы с початками.

В 1961 г. колхоз «Политотдел» Ташкентской области собрал с 503 га по 48,2 ц/га хлопка-сырца, а бригада Шарофат Баракаевой из колхоза «Октябрь» Бухарской области собрала со 122 га по 70 ц/га.

Многочисленные данные бесспорно доказывают экономическую выгоду орошения. В Средней Азии все капитальные затраты на орошение и освоение одного гектара (около 1500 руб.) при урожае хлопка-сырца 20 ц/га вдвойне окупаются чистой прибылью в один год. Например, в 1960 г. в Голодной степи был создан совхоз № 6. За три года на организацию совхоза государство вложило 16,2 млн. руб. Реализация продукции и материалов, выработанных из хлопка, выращенного совхозом, за это время дала 46 млн. руб. дохода.

Выращивание кенафа, джута, табака, риса и кукурузы в Средней Азии дает также высокие доходы. Например, в Ташкентской области в колхозе «Политотдел» бригада Любы Ли в 1960—1963 гг. с площади 70—126 га выращивала около 2000 ц/га зеленой массы кукурузы с початками молочно-восковой спелости, что составляет 39—41,5 тыс. кормовых единиц. Один гектар поливной кукурузы обеспечивает кормами весь год 7—8 коров с общим надоем 32—34 тыс. л молока.

Средний срок окупаемости капиталовложений по строительству лиманного орошения на местном стоке в степных районах составляет также около года.

## ГЛАВА 2

# ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

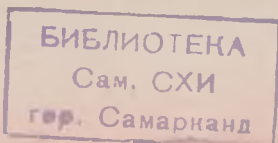
### § 4. Режим влажности почвы и его регулирование

**Требования сельскохозяйственных культур к влаге.** Для роста сельскохозяйственных культур необходимы одновременно свет, тепло, вода, воздух и пища. Вода, воздух и минеральные вещества являются исходными материалами для создания органического вещества в процессе фотосинтеза. В период своей вегетации растение потребляет огромное количество воды (99,8%) на транспирацию (испарение через листовую поверхность) и только 0,2% — на построение своих органов.

Количество потребляемой растением воды видно из следующих данных: в течение одного часа от 10 до 100% воды, имеющейся в растении, заменяется; каждое растение сахарной свеклы в летний день потребляет около одного литра воды; на площади 1 га все растения сахарной свеклы и люцерны потребляют до 100 м<sup>3</sup> воды в сутки; за вегетационный период на площади 1 га пшеница, кукуруза, сахарная свекла, овощи потребляют 3—6 тыс. м<sup>3</sup>. Количество воды, потребляемое растением, увеличивается с ростом его вегетативной массы.

О потреблении воды и эффективности использования этой воды растениями судят по коэффициенту транспирации — количеству воды в м<sup>3</sup>, испаряемому растениями на 1 тонну сухого вещества всего растения (стебли, листья, корни). Величина коэффициента транспирации одной и той же культуры сильно изменяется; минимальное значение его получается при благоприятном сочетании всех факторов жизни растений, при нарушении этого сочетания коэффициент транспирации увеличивается (табл. 1). Величина коэффициента транспирации уменьшается с повышением урожая и понижением дефицита влажности воздуха.

**Водный режим почвы.** Запасы воды в почве непрерывно изменяются. Они пополняются атмосферными осадками *P*, притоком грунтовых вод *C*, притоком поверхностных вод *V*, внутрипочвенной конденсацией влаги *A* и расходуются на транспирацию растений и испарение с поверхности почвы *E*, на отток грунтовых вод *O* и поверхностный сток с данного массива *S*. Если





Коэффициент транспирации  $K$  некоторых растений

Культура	$K, м^3/т$	Культура	$K, м^3/т$
Пшеница . . . . .	271—639	Конопля . . . . .	435—767
Рожь . . . . .	431—634	Лен . . . . .	400—942
Кукуруза . . . . .	239—495	Сорго . . . . .	239—303
Рис . . . . .	395—811	Овес . . . . .	423—876
Горох . . . . .	563—747	Картофель . . . . .	285—575
Просо . . . . .	177—367	Капуста . . . . .	250—600
Сахарная свекла . . . . .	304—377	Огурцы . . . . .	713
Хлопчатник . . . . .	368—660	Томаты . . . . .	500—650
Люцерна . . . . .	568—1068	Арбузы . . . . .	576—600

обозначить прибыль или убыль почвенно-грунтовых и поверхностных вод  $\Delta W$ , то водный баланс почвы за рассматриваемый период времени выразится уравнением:

$$\Delta W = \underbrace{P + C + V + A}_{\text{Приход}} - \underbrace{(E + O + S)}_{\text{Расход}}. \quad (I-1)$$

Все слагаемые уравнения выражают в *мм вод. ст.* или в  $м^3/га$ . Приходные и расходные статьи водного баланса почв отличаются большой изменчивостью как во времени, так и в пространстве, что определяет сильные колебания естественного водно-воздушного и питательного режимов почвы. Зная закономерности изменения водного баланса, можно предвидеть изменения водно-воздушного и питательного режимов почвы и направленно их изменять.

Тип водного режима почвы определяется динамикой влажности почвы в течение всего года.

Общий и сезонный водный режим разных почв различен и определяется климатическими, геоморфологическими (рельефными), гидрогеологическими, биологическими (растительный покров) факторами, водно-физическими свойствами почвы, производственной деятельностью человека.

Климат является решающим фактором образования водного режима почвы. Установлено, что основные элементы климата наиболее полно учитываются коэффициентом увлажнения  $K$ , который равен отношению среднемноголетней годовой суммы осадков  $P$  к годовому слою испарения  $E$ . Месячный слой испарения в *мм* вычисляют по формуле:

$$E' = 0,0018 \left( 25 + \frac{t}{2} \right) (100 - a), \quad (I-2)$$

где  $t$  — среднемесячная температура воздуха;  
 $a$  — среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

В зоне избыточного увлажнения (север СССР, субтропики) коэффициент увлажнения больше единицы, почва переувлажняется, подвергается сквозному промачиванию, создается водный режим промывного типа. Зольные вещества из почвы постепенно вымываются, почва обедняется питательными веществами, аэрация почвы недостаточная. Для нормального развития сельскохозяйственных растений здесь надо увеличить аэрацию почвы, уменьшить приток и увеличить расход воды, а избыток ее отвести из почвы путем осушения.

В засушливой зоне (юг СССР) коэффициент увлажнения меньше единицы. Осадки здесь не промачивают почву до грунтовых вод. Создается водный режим непромывного типа, почва иссушается, концентрация солей в почве повышается, аэрация почвы достаточная. Для нормального развития сельскохозяйственных растений необходимо уменьшить расход, увеличить приход воды, а недостаток ее искусственно ввести в почву путем орошения. По мере перехода от лесостепных районов к степным и пустыням необходимость орошения сельскохозяйственных культур возрастает.

Гидрогеологические условия в сочетании с рельефом и климатом могут создать различный водный режим почв. При недостаточном увлажнении от грунтовых вод образуется восходящий ток воды, и тем больше, чем ближе к поверхности почвы поднимается капиллярная кайма, возникают выпотной и застойный типы водного режима. Грунтовые воды, увлажняя нижние горизонты почвы, переувлажняют и заболачивают почву.

Растительность в сочетании с элементами рельефа и механическим составом почвы по-разному влияет на формирование водного режима. Лес обычно способствует снегонакоплению, увеличению запасов воды в почве и созданию промывного типа увлажнения. В условиях сухой степи растительность иссушает почву, создается восходящий ток воды с тенденцией соленакопления.

Производственная деятельность человека сильно влияет на водный режим почвы. Осушение понижает, а орошение повышает влажность почвы. Комплекс агрономических, лесотехнических и гидротехнических мелиораций значительно улучшает водно-воздушный и питательный режимы почвы, переводя иногда один тип водного режима в другой.

**Определение запасов воды в почве.** Запасы воды в почве выражают в  $m^3$  на 1 га и определяют его обычно двумя путями.

1. Известны объемный вес  $\alpha \text{ т}/m^3$  и влажность почвы в процентах от веса сухой почвы  $\gamma_v$ . Тогда расчетный слой почвы  $H$  (м) на площади 1 га = 10 000  $m^2$ , займет объем 10 000  $H \text{ м}^3$

и будет весить в сухом состоянии 10 000 *H* α т. Вес (объем) воды в этом слое почвы будет равен:

$$W = 10\,000 H \alpha \frac{\gamma_v}{100} = 100 H \alpha \gamma_v \text{ т/га или м}^3/\text{га}. \quad (I-3)$$

2. Известны пористость (скважность) *P* в процентах от объема почвы и влажность  $\gamma_p$  в процентах от пористости почвы. Тогда расчетный слой почвы *H* (м) на площади 1 га = 10 000 м<sup>2</sup> займет объем 10 000 *H* м<sup>3</sup> и будет содержать 100 *H* *P* м<sup>3</sup> пор. Объем воды в порах этого слоя почвы будет равен:

$$W = 100 H P \frac{\gamma_p}{100} = H P \gamma_p \text{ м}^3/\text{га}. \quad (I-4)$$

По глубине почва делится на генетические горизонты, свойства которых различны. Если в расчетный слой почвы входит несколько горизонтов, то общий запас воды равен сумме объемов воды, заключенных в каждом горизонте. В условиях орошения обычно определяют запасы воды в активном слое почвы, в котором расположена основная масса (до 90%) корней растений (табл. 2).

Для маломощных почв, подстилаемых галечниковыми или щебенчатыми отложениями, глубину увлажняемого слоя принимают по таблице 2, но не более глубины залегания щебня или гальки. На луговых почвах глубину увлажнения для хлопчатника, люцерны и сахарной свеклы принимают: при глубине грунтовых вод 2—3 м не более 0,7—1,0 м, при глубине 1—2 м не более 0,7—0,8 м, при глубине грунтовых вод около 1 м — 0,4—0,5 м.

ТАБЛИЦА 2

Расчетная величина активного слоя почвы

Культура и фазы развития	Глубина активного слоя, м	Культура и фазы развития	Глубина активного слоя, м
Хлопчатник:		Капуста, огурцы, лук:	
при бутонизации . . . . .	0,5—0,6	при укоренении . . . . .	0,2—0,3
» цветении . . . . .	0,7—1,0	» максимальном	
» созревании . . . . .	0,5 0,6	развитии . . . . .	0,3—0,6
Зерновые:		Томаты, картофель и кор-	
при кушении . . . . .	0,4—0,5	неплоды:	
» трубковании . . . . .	0,6—1,0	при укоренении . . . . .	0,3—0,4
Сахарная свекла:		» максимальном	
при укоренении . . . . .	0,3—0,4	развитии . . . . .	0,5—0,7
» развитии листьев	0,4—0,5	Сады и виноградники . . . . .	0,8—1,5
» образовании кор-		Многолетние травы . . . . .	0,8—1,0
неплодов . . . . .	0,6—0,7		
Кукуруза:			
до выбрасывания ме-			
телки . . . . .	0,4—0,5		
после выбрасывания			
метелки . . . . .	0,6—1,0		

**Регулирование водного режима почвы.** Для обеспечения растения водой в нужном количестве во все фазы его развития надо орошением поддерживать оптимальную влажность в корнеобитаемом слое почвы. Величина оптимальной влажности почвы изменяется для одного и того же растения во времени и зависит от выращиваемой культуры, механического и химического состава почвы, от климатических и погодных условий и от других факторов.

Вода из почвы постоянно расходуется на испарение с поверхности почвы и на транспирацию. Поэтому, чтобы поддерживать в почве оптимальную влажность для различных культур, оросительная система должна непрерывно подавать воду в почву в требуемом количестве. Практически это оказывается возможным только при длительном затоплении риса или при подпочвенном орошении с устройством автоматической подачи воды в почву. При поливе по полосам, бороздам, чекам и дождеванием запасы воды в почве пополняются периодически, прерывисто; во время полива вода аккумулируется в почве, а после полива расходуется растениями. До полива влажность почвы должна быть не ниже минимальной, то есть растения не должны страдать от недостатка воды, а после полива не выше предельной полевой влагоемкости, чтобы растения не страдали от недостатка воздуха. Кислород в почве непрерывно расходуется на дыхание корней растений и микроорганизмов, на окислительные процессы, происходящие в почве. Для нормального развития пшеницы и риса объем воздуха должен занимать не менее 10—15%, а для сахарной свеклы — 15—20% объема почвы. Водный, воздушный и пищевой режимы являются наилучшими тогда, когда в почве все капиллярные поры и даже наиболее крупные капиллярные поры заняты воздухом, а капиллярные поры заполнены водой. Чем тяжелее почва, тем больший процент воды недоступен для растения (рис. 2) и тем меньше воздуха в почве остается после полива.

В песчаных, супесчаных и суглинистых почвах за верхний предел влажности обычно принимают предельную полевую влагоемкость, при которой объем воздуха в этих почвах вполне достаточен для нормального роста и развития всех культур.

Минимально допустимую влажность почвы в процентах от предельной полевой влагоемкости в зоне распространения основной массы корневой системы растений принимают по таблице 3.

В условиях орошения водно-воздушный и питательный режимы почвы регулируют не только поливами, но и применением системы удобрений и обработки почвы, внедрением рациональных севооборотов.

На рисунке 3 изображен ход естественной *E* и регулируемой поливами *R* влажности почвы в течение вегетационного периода в засушливой зоне. Кривая *E* опускается ниже минимально

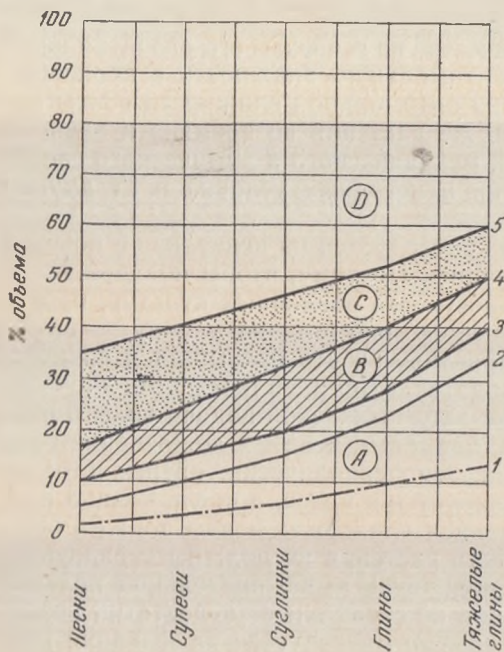


Рис. 2. Содержание влаги в процентах от объема почвы при различной степени увлажнения:

1 — максимальной гигроскопичности; 2 — коэффициенте увядания; 3 — допустимой минимальной влажности; 4 — предельной полевой влагоемкости; 5 — полной влагоемкости; А — недоступная вода; В — усвояемая вода; С — воздух; D — скелет почвы.

ТАБЛИЦА 3

Минимально допустимая влажность почвы  
в процентах от предельной полевой влагоемкости почвы

Культура	Для незасоленных почв		Для слабозасоленных почв	
	тяжелых	легких	тяжелых	легких
Хлопчатник и многолетние травы . . . . .	70—75	65—70	75—80	70—75
Зерновые . . . . .	65—70	60—65	70—75	65—70
Кукуруза . . . . .	65—70	60—65	75—80	70—75
Корнеплоды . . . . .	70—75	65—70	75—80	70—75
Картофель . . . . .	65—75	60—70	75—80	70—75
Плодово-ягодные культуры . . . . .	70—80	60—70	75—85	70—75

Примечание. К легким почвам отнесены супесчаные, легкосуглинистые и частично среднесуглинистые, к тяжелым — среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые.

допустимой влажности, после чего растения страдают от недостатка воды. Кривая регулируемой влажности почвы *R* опускается до минимальной  $\gamma_{\text{мин}}$ , после чего поливом поднимается до максимальной  $\gamma_{\text{макс}}$ , то есть колеблется около оптимальной влажности в допустимых пределах. Поливы проводят в тот день,

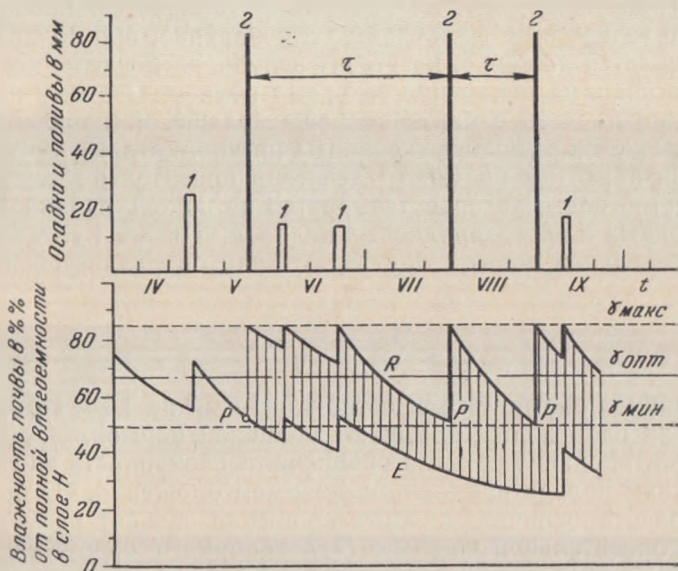


Рис. 3. Естественный (E) и регулируемый поливами (R) режим влажности почвы:  
1 — осадки; 2 — поливы.

когда влажность почвы снизится до минимальной. В производстве этот день устанавливают путем систематического определения влажности почвы или по физиологическим признакам растений (осмотическое давление, сосущая сила клеток, концентрация клеточного сока, раскрытие устьиц) и внешнему виду растений и почвы, а также по результатам многолетних опытных данных. Чем меньше отклоняется влажность почвы от оптимальной, тем больше удовлетворяется потребность растений в воде и пище и тем выше вырастает урожай. Чем больше запас воды в почве в начале вегетации, тем меньше требуется давать поливов в период вегетации.

## § 5. Оросительные и поливные нормы, режим орошения

**Оросительная и поливная нормы.** Количество воды в  $m^3$  на 1 га, которое подается на поле всеми поливами для выращивания планового урожая культуры, называется оросительной нормой нетто  $M_n$ .

Оросительная норма нетто колеблется в широких пределах для одной и той же культуры в зависимости от климатических и почвенных условий.

При доставке воды по каналам от водоисточника до поля часть ее теряется на фильтрацию и испарение; при поливе часть воды теряется на сброс, на утечку вглубь, за пределы корнеобитаемого слоя, на испарение за время полива. Поэтому из водоисточника на 1 га забирается воды больше, чем оросительная норма нетто на величину указанных потерь, которые учитываются коэффициентом полезного действия оросительной системы  $\eta$ . Количество воды, которое забирается из водоисточника для вегетационных и влагозарядковых поливов, в  $m^3$  на 1 га называется оросительной нормой брутто, которая определяется по формуле:

$$M_{бр} = \frac{M_n}{\eta}. \quad (I-5)$$

**Поливная норма.** Количество воды в  $m^3$  на 1 га, которое подается за один полив, называют поливной нормой.

**Проектирование режима орошения.** Совокупность числа, сроков и норм полива называется режимом орошения. От правильно запроектированного режима орошения зависят размеры элементов оросительной системы (водозаборного сооружения, каналов, сооружений на каналах и т. д.).

Запроектированный режим орошения сельскохозяйственных культур должен создавать в почве оптимальный водно-воздушный и питательный режим; не допускать заболачивания и засоления почвы; обеспечивать наиболее экономичное использование источников орошения и поливной воды на полях.

Величину оросительных и поливных норм, сроки полива сельскохозяйственных культур определяют двумя методами.

Первый метод (аналитический). Оросительную и поливную норму определяют по формулам. При залегании грунтовых вод на глубине более 3 м оросительную норму  $M_n$  нетто определяют для среднесухого года по формуле:

$$M_n = KY - 10\mu A - (W_n - W_k) \text{ м}^3/\text{га}, \quad (I-6)$$

где  $K$  — количество воды в  $m^3$ , расходуемое сельскохозяйственной культурой на транспирацию и испарение с поверхности почвы при образовании одного центнера товарной продукции (зерна, хлопка-сырца, плодов, клубней картофеля и т. д.), называемое коэффициентом водопотребления (табл. 4);

$Y$  — плановый урожай товарной продукции,  $ц/\text{га}$ ;

$\mu$  — коэффициент использования осадков: в засушливой зоне А за период IV—IX  $\mu = 0,3-0,5$ , за X—III  $\mu = 0,6-0,8$ , в зоне Б недостаточного увлажнения за IV—IX  $\mu = 0,6-0,8$  и за X—III  $\mu = 0,3-0,5$  (см. стр. 31);

$A$  — сумма осадков 75% обеспеченности за период вегетации, мм (осадки меньше 5 мм в расчет не принимаются);

$W_n$  — запас воды в активном слое почвы в день посева,  $m^3/ga$ .

$W_k$  — запас воды в активном слое почвы в день уборки,  $m^3/ga$ .

Запас усвояемой воды в почве  $W_n$  к моменту весеннего сева принимают по данным метеорологических и опытно-мелиоративных станций; при их отсутствии можно принимать для метрового слоя на легких бесструктурных почвах 600—800  $m^3/ga$ , на структурных — 800—1000  $m^3/ga$ , на тяжелых бесструктурных 800—1000 и на структурных 1000—1200  $m^3/ga$ .

ТАБЛИЦА 4

Коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур (в  $m^3/ц$ ) в зависимости от урожая для засушливой зоны А и зоны недостаточного увлажнения Б (по данным Гипроводхоза)

Культура	Зона	Урожай, ц/га					
		20	30	40	50	100	200
Хлопчатник	А	280—190	240—140	200—130	175—120	—	—
Зерновые	А	170—150	150—130	130—120	120—100	—	—
	Б	130—110	110—90	90—70	70—60	—	—
Кукуруза	А	—	—	130—120	110—100	70—60	—
	Б	—	—	90—80	80—60	50—40	—
Просо	А	—	—	120—110	100—90	—	—
	Б	—	—	80—70	70—60	—	—
Подсолнечник	Б	150—140	110—105	—	—	—	—
Многолетние травы	А	—	—	—	110—100	90—80	60—50
	Б	—	—	—	95—85	80—60	40—30
Рис*	А	—	—	500—450	450—400	—	—
	Б	—	—	400—350	350—300	—	—

Продолжение табл. 4

Культура	Зона	Урожай, ц/га				
		100	200	300	500	700
Овощные	А	35—30	30—27	27—25	20—18	—
	Б	27—24	23—20	19—13	13—10	9—7
Картофель	А	—	20—18	18—16	14—12	—
	Б	—	15—12	12—9	9—5	—
Сахарная свекла	А	—	—	20—18	17—15	—
	Б	—	—	13—11	10—8	8—6

\* Коэффициент водопотребления для риса принят без учета проточности, величина которой принимается в размере 10—30% от подачи воды, в зависимости от степени засоления и водно-физических свойств почвы.



Если поливная норма получена менее  $400 \text{ м}^3/\text{га}$  при поливе по бороздам и полосам, то для равномерного полива ее надо увеличить до  $400\text{--}600 \text{ м}^3/\text{га}$ , в зависимости от водопроницаемости почвы и рельефа участка.

ТАБЛИЦА 6

Объемный вес и предельная полевая влагемкость почвы

Типы почв	Механический состав	Объемный вес, $\text{т}/\text{м}^3$	Предельная полевая влагемкость метрового слоя	
			% к весу сухой почвы	$\text{м}^3/\text{га}$
Сероземы	Легкие	1,50—1,44	12,0—17,4	1800—2500
	Тяжелые	1,40—1,32	18,6—26,0	2600—3400
Каштановые	Легкие	1,45—1,34	12,4—19,3	1800—2600
	Тяжелые	1,38—1,27	19,5—24,5	2700—3100
Черпоземы	Легкие	1,62—1,41	13,6—19,8	2200—2800
	Тяжелые	1,42—1,36	20,3—30,0	2900—4100

Величина поливных норм при поливе дождеванием рекомендуется для освежительных поливов около  $50 \text{ м}^3/\text{га}$ , послепосядочных и послепосевных —  $50\text{--}150$  и вегетационных —  $300\text{--}600 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Все величины, входящие в уравнение (I—6) и (I—8), зависят от местных условий, и поэтому их определяют исследованиями перед проектированием или принимают по данным ближайших опытных станций.

Число поливов  $n$  определяется величинами оросительной и поливной норм ( $n = M_{\text{ор}} : m$ ), а их сроки назначают по фазам развития культур, приведенным в таблице 7, или по достижении величины минимальной влажности почвы корнеобитаемого слоя, или по физиологическим показателям (концентрации клеточного сока, величине открытия устьиц).

Календарные даты поливов и величины поливных норм составляют схему полива. Обозначение схемы полива каждой культуры принимают в соответствии с фазами ее развития (табл. 8).

Влагозарядковые поливы. Влагозарядковые поливы производят во вневегетационный период для создания запасов (зарядки) воды в почве на нужной глубине. Влагозарядковые поливы производят обычно в следующих случаях.

1. Осенью — до посева озимых зерновых культур для обеспечения дружных, своевременных всходов и для нормального развития их в осенний период. Создание запасов воды в почве в осенний период в Заволжье, на Северном Кавказе, в низовьях Дона, на Украине, в центрально-черноземных областях позволя-

**Фазы развития сельскохозяйственных культур,  
к которым рекомендуется приурочивать поливы в среднесухие годы**

Культуры	Фаза развития растений
Хлопчатник	Всходы (в засушливую весну — предпосевной полив), начало бутонизации — цветение, цветение — начало созревания
Озимые колосовые	Всходы (предпосевной полив), кушение, стеблевание, цветение — налив зерна
Яровые колосовые	Кушение, трубкование, колошение, налив зерна
Кукуруза	Всходы — укоренение, 8—10 дней до начала выбрасывания султанов, налив зерна
Просо	Кушение — стеблевание, налив зерна
Сахарная свекла	Всходы, нарастание листьев и корнеплодов
Подсолнечник	Образование головки-корзинки, раскрытие корзинок — цветение, налив зерна
Бахчевые, огурцы	Всходы, цветение — плодообразование. Цветение — плодоношение. В этот период поливы даются через 8—10 дней
Капуста	Высадка рассады — укоренение, рост кочанов
Томаты, баклажаны, перец	Высадка рассады — укоренение, образование завязи, рост и созревание плодов
Картофель	Всходы (предпосадочный полив при летней посадке), бутонизация — цветение, формирование клубней
Люцерна на семена	Бутонизация, цветение. При получении семян второго укоса — отрастание, бутонизация — цветение
Люцерна на сено	Отрастание. Бутонизация, лучшими сроками считают полив после укоса и за 7—10 дней до укоса
Яблони и другие плодовые деревья	Прирост побегов — завязывание плодов, закладка новых плодовых почек, налив плодов, в засушливую осень — предзимний полив
Виноград	Цветение — образование завязи, налив ягод
Рис суходольный	От всходов до восковой спелости влажность почвы не должна спускаться ниже 80% предельной полевой влагоемкости
Рис затопливаемый	Непрерывное затопление от всходов до восковой спелости

В соответствии с почвами и уровнем грунтовых вод выделено шесть почвенно-мелиоративных районов (табл. 9).

ТАБЛИЦА 9

Почвенно-мелиоративные районы

Номер почвенно-мелиоративных районов	Характеристика почв*	Предельная влагоемкость в метровом слое, м <sup>3</sup> /га	Глубина грунтовых вод, м
I	Сероземные, каштановые, черноземные, легкие, легкосуглинистые, супесчаные, хрящеватые почвы мощностью 0,3—1,0 м, тяжелые и тяжелосуглинистые почвы мощностью 0,2—0,6 м на песчано-галечниковых отложениях	1000—2600	больше 3
II	Сероземные, каштановые, черноземные, тяжелые почвы, мощные и подстилаемые дренирующими отложениями с глубины больше 0,6 м	2600—3600	больше 3
III	Сероземные, каштановые, черноземные, луговые и легкие почвы, мощные	2000—2600	2—3
IV	Сероземные, каштановые, черноземные, луговые тяжелые почвы, мощные	2600—3400	2—3
V	Луговые и лугово-болотные, легкосуглинистые и супесчаные почвы, мощные	2000—2600	1—2
VI	Луговые и лугово-болотные, суглинистые и глинистые почвы, мощные	2600—3400	1—2

\* К легким почвам отнесены: супесчаные, легкосуглинистые и частично среднесуглинистые. К тяжелым — верхний предел среднесуглинистых, тяжелосуглинистые и глинистые.

Для выделенных областей и районов рекомендованы величины оросительных и поливных норм, число вегетационных и невегетационных поливов, межполивные периоды и период вегетационных поливов сельскохозяйственных культур (см. приложение). Пользуясь этими рекомендациями, проектировщики принимают режим орошения сельскохозяйственных культур.

По режиму орошения сельскохозяйственных культур проектировщик должен использовать также и рекомендации местных научных учреждений, в которых местные природные условия учтены более полно.

Особенности поливов отдельных сельскохозяйственных культур в различных природных условиях учтены при мелиоративном районировании территории СССР и показаны в приложении. Например, в области лесостепи сахарную свеклу поливают 2—3 раза и оросительная норма равна 1500—1800 м<sup>3</sup>/га, а в области полупустынь оросительная норма значительно больше, равна 6800—7600 м<sup>3</sup>/га и поливают свеклу 10—12 раз. При залегании

грунтовых вод на глубине менее 3 м указанные оросительные нормы уменьшаются на величину, вычисленную по формуле (I—7). Поэтому при разработке режима орошения сельскохозяйственных культур необходимо точно учесть местные природные условия (почвы, грунтовые воды, климат), агротехнику возделывания и биологические особенности культуры.

## § 6. Оросительный гидромодуль

**Неукомплектованный график гидромодуля.** Удельный расход воды в л/сек на 1 га всей площади орошаемого севооборота, потребный для орошения данной культуры, называется гидромодулем. Величину гидромодуля  $q$  определяют по формуле:

$$q = \frac{am}{86,4t} \text{ л/сек на 1 га,} \quad (\text{I—10})$$

где  $m$  — поливная норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$a$  — доля площади, занимаемой культурой в составе севооборота;

$t$  — поливной период в сутках, в течение которого производится полив культуры.

По этой формуле определяют гидромодуль для всех поливов каждой культуры. Результаты расчета записывают в ведомость неукомплектованного и укомплектованного графика гидромодуля.

Суммарный гидромодуль определяют путем графического суммирования гидромодулей всех культур за каждый день вегетационного периода. На миллиметровой бумаге по оси абсцисс откладывают в масштабе календарное время оросительного периода с указанием месяцев, декад и дней, а по оси ординат — гидромодуль в л/сек на 1 га. Поливы каждой культуры на графике изображают в виде прямоугольников, ширина которых означает продолжительность полива, а высота — гидромодуль в л/сек на 1 га. На каждом прямоугольнике пишется порядковый номер полива и чертится условный знак (штриховка, раскраска) поливаемой культуры (рис. 4).

Построение графика начинают обычно с культуры, имеющей наибольшее число поливов или наибольшую продолжительность поливных периодов. Закончив построение графика гидромодуля одной культуры, приступают к построению графика гидромодуля другой культуры, затем третьей и т. д. Если поливы двух или более культур полностью или частично совпадают во времени, то в эти дни ординаты (гидромодули) суммируют и прямоугольники частично или полностью надстраивают один над другим. Построив гидромодули всех культур, получают неукомплектованный график гидромодуля всех культур орошаемого севооборота.

средний день полива передвигают влево или вправо для основных культур севооборота не больше, чем на 3 суток, а для остальных — до 4—5 суток;

межполивной период уменьшают или увеличивают до 3 суток.

Укомплектованный график гидромодуля строят в следующем порядке.

1. Определяют суммарную площадь прямоугольников всех культур  $\Sigma qt$  за напряженный поливной период  $T$ .

2. Вычисляют среднее значение гидромодуля за этот период:

$$q_{\text{ср}} = \frac{\Sigma qt}{T}$$

3. Определяют ориентировочно расход воды  $Q$ , который надо подавать на орошаемый севооборот площадью  $\omega$  га по формуле:

$$Q = q_{\text{ср}} \omega \text{ л/сек.}$$

4. Если участок небольшой и расход  $Q$  меньше 200—250 л/сек, то его не дробят и одновременно поливают только одно поле севооборота. В этом случае время полива  $t_{\text{ук}}$  одной культуры по укомплектованному графику равно:  $t_{\text{ук}} = qt : q_{\text{ср}}$ ; где  $qt$  — гидромодуль и время полива культуры в неукомплектованном графике. Так как  $t_{\text{ук}}$  обычно равно дробной величине, то ее округляют в большую сторону до целых суток или 0,5 суток  $t_{\text{ук}}^{\circ}$ , а расчетный гидромодуль принимают равным  $q_{\text{ук}} = qt : t_{\text{ук}}^{\circ}$ .

Вычислив значения  $q_{\text{ук}}$  и  $t_{\text{оук}}$  всех поливов для каждой культуры, строят график так, что прямоугольники не накладывают друг на друга, а располагают их рядом, то есть в каждый момент времени поливают только одну культуру.

5. Если орошаемый массив большой и расход  $Q = q\omega$  больше 250 л/сек, то одновременно можно поливать две культуры и при укомплектовании одна из них будет надстраиваться над другой полностью или частично.

При поливе дождеванием расход воды нетто, принятый по графику, должен быть равен сумме расходов всех дождевальных машин, с учетом коэффициента использования рабочего времени.

После укомплектования графика новые сроки полива и удельные расходы воды выписывают в ведомость укомплектованного графика полива.

Укомплектованный график гидромодуля представляет собой чертеж, на котором изображен режим орошения совокупности культур севооборота. Чем ровнее и меньше ординаты графика, тем выше технико-экономические показатели режима орошения, и наоборот.

Для уменьшения ординат графика гидромодуля очень важное значение имеет круглосуточный полив. Например, если поливать 16 ч в сутки, то гидромодуль и расчетный расход увели-

чатся в полтора раза по сравнению с круглосуточным поливом, следовательно, размеры всех каналов и сооружений также должны увеличиться. При большой протяженности проводящих каналов в течение 8 часов вся вода будет сбрасываться и не только бесполезно, но и наносить вред хозяйству, так как эта вода поднимает уровень грунтовых вод, заболачивает и засоляет плодородные земли. Для отвода сбрасываемой воды надо строить сбросные каналы с необходимыми сооружениями на них. Строительство оросительных и сбросных каналов увеличенных размеров значительно повышает капитальные вложения на строительство оросительной системы.

Гипроводхоз на основании большого опыта проектирования рекомендует максимальные ординаты гидромодуля для типовых севооборотов всех климатических областей и почвенно-мелиоративных районов, которых следует придерживаться при укомплектовании графиков гидромодуля (табл. 10).

ТАБЛИЦА 10

**Максимальные ординаты гидромодуля для типовых севооборотов климатических областей и почвенно-мелиоративных районов, л/сек на 1 га**

Наименование севооборотов	Климатические области	Почвенно-мелиоративные районы		
		I—II	III—IV	V—VI
Хлопково-люцерновый (хлопчатник 72%, люцерна 28%)	I	0,88—0,74	0,72—0,58	0,56—0,50
	II	0,80—0,68	0,66—0,54	0,52—0,46
	III	0,72—0,62	0,60—0,50	0,48—0,40
Для хозяйств хлопковой зоны (хлопчатник 57%, люцерна 23%, овоще-бахчевые, сады, виноградники и пр. 20%)	I	0,80—0,72	0,70—0,56	0,54—0,48
	II	0,75—0,65	0,62—0,52	0,50—0,42
	III	0,70—0,60	0,58—0,48	0,46—0,36
Зерновой (зерновые 62,5%, травы 25%, пропашные 12,5%)	I	0,62—0,54	0,54—0,48	0,48—0,40
	II	0,54—0,45	0,45—0,40	0,40—0,35
	III	0,51—0,40	0,40—0,34	0,34—0,30
	IV	0,32—0,30	0,30—0,26	0,26—0,24
	V	0,28—0,26	0,26—0,24	0,24—0,22
	VI	0,26—0,24	0,24—0,22	0,22—0,20
Овоще-кормовой (овоще-бахчевые корнеплоды и картофель 50%, многолетние травы 25%, зернофуражные и силосные 25%)	I	0,62—0,58	0,56—0,50	0,48—0,42
	II	0,58—0,52	0,50—0,44	0,42—0,36
	III	0,52—0,42	0,44—0,34	0,36—0,26
	IV	0,32—0,30	0,28—0,26	0,24—0,22
	V	0,30—0,28	0,26—0,24	0,22—0,20
	VI	0,28—0,26	0,24—0,22	0,20—0,18
Сады и виноградники	I	0,60—0,50	0,46—0,36	—
	II	0,50—0,40	0,35—0,26	—
	III	0,40—0,30	0,26—0,20	—
	IV	0,28—0,26	0,24—0,18	—
	V	0,26—0,24	0,22—0,16	—
	VI	0,24—0,20	0,20—0,14	—

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

При установлении режима орошения необходимо знать влажность почвы и уметь определять запасы воды в почве.

Влажность почвы может выражаться несколькими способами:

1) отношением веса воды, содержащейся в некотором объеме почвы, к весу этого объема почвы в абсолютно сухом состоянии (весовая влажность, выраженная в %):

$$\beta_{\text{в}} = \frac{G_{\text{вл}} - G_{\text{сух}}}{G_{\text{сух}}} 100 = \frac{W}{G_{\text{сух}}} 100\%,$$

где  $G_{\text{вл}}$  и  $G_{\text{сух}}$  — вес влажной и абсолютно сухой почвы,  $g$  или  $t$ ;

$W$  — запас воды в почве,  $g$  или  $t$ ;

2) отношением объема воды, содержащейся в образце почвы, к объему этого образца (объемная влажность):

$$\beta_{\text{об}} = \frac{W}{V} 100\%,$$

где  $V$  — объем почвы,  $см^3$  или  $м^3$ ;

$W$  — объем воды,  $см^3$  или  $м^3$  \*;

3) отношением объема воды, содержащейся в порах образца почвы, к суммарному объему пор в этом образце (относительная влажность):

$$\beta_{\text{о}} = \frac{W}{V_{\text{пор}}} 100\%.$$

Суммарный объем пор  $V_{\text{пор}}$  определяется по формулам:

$$V_{\text{пор}} = \frac{P \cdot V}{100} м^3 \text{ или } см^3 \text{ и } P = \frac{\Delta - \alpha}{\Delta} 100,$$

где  $P$  — пористость (скважность) почвы, %;

$\Delta$  — удельный вес твердой фазы (скелета) почвы;

$\alpha$  — объемный вес сухой почвы;

4) отношением веса воды, содержащейся в образце грунта или почвы, к весу образца вместе с водой:

$$\beta = \frac{W}{G_{\text{пл}}} 100\%,$$

где  $G_{\text{вл}}$  — вес образца естественной влажности.

В мелиорации для характеристики влажности почвы чаще всего применяют первый, второй и третий способы.

---

\* Во всех расчетах и упражнениях удельный вес воды принят равным 1 ( $t/м^3$  или  $g/см^3$ ), поэтому для упрощения и объем и вес обозначаются одинаково.

*Упражнение 1.* Определить весовую, объемную и относительную влажность почвы после полива, если влажность почвы перед поливом была 16% (по весу), поливная норма  $m=600 \text{ м}^3/\text{га}$ , мощность увлажненного слоя почвы  $H=0,50 \text{ м}$ ; почва — тяжелый суглинок:  $\Delta=2,71 \text{ т/м}^3$ ;  $\alpha=1,41 \text{ т/м}^3$ .

Расчет ведется на 1 га.

Определяем объем расчетного слоя почвы:

$$V = 10\,000H = 10\,000 \cdot 0,50 = 5000 \text{ м}^3.$$

Вес расчетного объема почвы:

$$G_{\text{сух}} = 1,41 \cdot 5000 = 7050 \text{ т}.$$

Запас воды в почве перед поливом:

$$W_0 = \frac{16 \cdot 7050}{100} = 1128 \text{ т (м}^3\text{)}.$$

После полива в почве будет содержаться воды:

$$W = W_0 + m = 1128 + 600 = 1728 \text{ т (м}^3\text{)}.$$

Влажность расчетного слоя почвы после полива:

а) весовая  $\beta_{\text{в}} = \frac{W}{G_{\text{сух}}} \cdot 100 = \frac{1728}{7050} \cdot 100 = 24,5\%$ ;

б) объемная  $\beta_{\text{об}} = \frac{W}{V} \cdot 100 = \frac{1728}{5000} \cdot 100 = 34,6\%$ .

Объемную влажность почвы в данном случае можно также определить по выражению:

$$\beta_{\text{об}} = \alpha \cdot \beta_{\text{в}} = 1,41 \cdot 24,5 = 34,6\%;$$

в) относительная влажность почвы.

Предварительно определяем:

пористость почвы

$$P = \frac{\Delta - \alpha}{\Delta} \cdot 100 = \frac{2,71 - 1,41}{2,71} \cdot 100 = 48\%;$$

суммарный объем пор в расчетном слое

$$V_{\text{пор}} = \frac{P \cdot V}{100} = \frac{48 \cdot 5000}{100} = 2400 \text{ м}^3;$$

относительную влажность

$$\beta_0 = \frac{W}{V_{\text{пор}}} \cdot 100 = \frac{1728}{2400} \cdot 100 = 72\%.$$

Как видно из примера, при проведении расчетов необходимо в первую очередь установить, каким способом выражена влажность почвы.



Упражнение 2. Установить вегетационную оросительную норму хлопчатника в области сухих степей.

Почва — тяжелый суглинистый серозем:  $\Delta = 2,74$ ;  $\alpha = 1,45$ . Предельная полевая влагоемкость 75% от скважности. Грунтовые воды залегают на глубине 2,5 м. Активный слой почвы в период наибольшего развития культуры  $H = 0,8$  м. Относительная влажность почвы перед посевом 70% (на участке осенью был произведен влагозарядковый полив). Зона засушливая. За вегетационный период выпадает осадков  $A = 50$  мм; коэффициент использования осадков  $\mu = 0,5$ . Перед уборкой можно допустить снижение влажности почвы до 65% от предельной полевой влагоемкости.

Планируемый урожай хлопка  $У = 42$  ц/га. Суммарный коэффициент водопотребления  $K = 170$  м<sup>3</sup>/ц.

Пористость почвы:

$$P = \frac{\Delta - \alpha}{\Delta} \cdot 100 = \frac{2,74 - 1,45}{2,74} = 47,1\%.$$

Предпосевной (начальный) запас влаги в почве:

$$W_n = 10\,000H \frac{P}{100} \cdot \frac{\beta_r}{100} = HP\beta_n = 0,8 \cdot 47,1 \cdot 70 = 2638 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Допустимый (конечный) запас влаги перед уборкой:

$$W_k = 10\,000H \frac{P}{100} \cdot \frac{\beta_{пр}}{100} \cdot \frac{\beta_{кон}}{100} = 0,01 \cdot 0,8 \cdot 47,1 \cdot 65 \times \\ \times 65 = 1837 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Определяем оросительную норму по формуле (I—6):

$$M_n = KU - 10\mu A - (W_n - W_k);$$

$$M_n = 170 \cdot 42 - 10 \cdot 0,5 \cdot 50 - 2638 + 1837 = 6089 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Коэффициент подпитывания активного слоя при залегании грунтовых вод на глубине 2,5 м по таблице 7 равен 0,2, тогда по формуле (I—7):

$$G = K_r M_n = 0,20 \cdot 6089 = 1218 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Окончательно величина оросительной нормы:

$$M = M_n - G = 6089 - 1218 = 4871 \approx 4900 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Полученные результаты сравниваем с рекомендуемыми оросительными нормами в таблице приложения, по которой для зоны засушливых степей оросительная норма вегетационных поливов для II почвенно-мелиоративного района равна 6200 м<sup>3</sup>/га.

Учитывая использование грунтовых вод для тяжелых почв по таблице 7 в размере  $0,2 \cdot 6200 = 1240 \text{ м}^3/\text{га}$ , получим окончательную величину оросительной нормы:

$$M = 6200 - 1240 = 4960 \text{ м}^3/\text{га},$$

что близко к вычисленной аналитическим методом.

*Упражнение 3.* Используя данные упражнения 2, определить величину поливных норм и установить схему поливов хлопчатника. Снижение влажности перед поливом для незасоленных тяжелых почв (табл. 3) допускается до 70% от предельной полевой влагоемкости ( $\beta_0 = 0,7 \gamma$ ).

Определяем величину поливных норм для различных периодов по формуле (I—8а):

а) в период бутонизации растений расчетный слой  $H = 0,6 \text{ м}$ ,

$$m = HP (\gamma - \beta_0) = 0,6 \cdot 47,1 (75 - 0,7 \cdot 75) = 636 \text{ м}^3/\text{га};$$

б) в период цветения  $H = 0,8 \text{ м}$ ,

$$m = HP (\gamma - \beta_0) = 0,8 \cdot 47,1 (75 - 0,7 \cdot 75) = 848 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Учитывая неглубокое залегание грунтовых вод, принимаем с округлением в меньшую сторону  $m_{\text{гв}} = 800 \text{ м}^3/\text{га}$ . При оросительной норме  $M = 4900 \text{ м}^3/\text{га}$  и при величине поливных норм  $m = 600 - 800 \text{ м}^3/\text{га}$  можно принять 7 поливов по схеме 2—4—1: до цветения — 2 полива, в цветение и плодообразование — 4 полива, в созревание — 1 полив с нормами: 1-й и 2-й поливы —  $600 \text{ м}^3/\text{га}$ , 3-й —  $700 \text{ м}^3/\text{га}$ , 4—6-й поливы — по  $800 \text{ м}^3/\text{га}$ , 7-й полив —  $600 \text{ м}^3/\text{га}$ , итого  $4900 \text{ м}^3/\text{га}$ . Определим межполивной период  $\tau$  между 3-м и 4-м поливами (массовое цветение) из условия, что среднесуточный расход воды на транспирацию и на испарение с поверхности почвы  $E = 60 \text{ м}^3/\text{га}$  и что за период между поливами выпадает  $12 \text{ мм}$  осадков.

$$\tau = \frac{m + 10 \mu A}{E} = \frac{800 + 10 \cdot 0,5 \cdot 12}{60} = 14,3 \text{ суток}.$$

*Упражнение 4.* Составить и укомплектовать график гидромодуля девятипольного севооборота на орошаемом участке в зоне Нижнего Дона. Грунтовые воды залегают глубоко. Состав культуры севооборота:

1. Картофель весенней посадки
2. Озимая пшеница + люцерна
3. Люцерна на сено
4. Яровая пшеница
5. Просо
6. Озимая пшеница

## Ведомость полива культур

Культура	№ поли- вов	Поливная норма, л/га	Средний срок поливa	Фаза развития
1. Озимая пшеница	01	800	16/IX	Предпосевной
	2	700	5/V	Выход в трубку
	3	700	27/V	Колошение
2. Озимая пшеница + люцерна	01	800	16/IX	Предпосевной
	2	700	5/V	Выход в трубку
	3	700	27/V	Колошение
	4	700	11/VII	После уборки покровной культуры
	5	700	30/VII	За 7—8 дней до укоса
	6	700	18/VIII	Отрастание после укоса
3. Люцерна 2-го года жизни на укос	01	800	3/X	Влагозарядковый
	2	700	20/V	Бутонизация
	3	700	3/VI	Отрастание после 1-го укоса
	4	700	11/VII	Бутонизация
	5	700	26/VII	Отрастание после 2-го укоса
	6	700	20/VIII	Отрастание после 3-го укоса
4. Яровая пшеница	01	800	8/X	Влагозарядковый
	2	700	11/V	Кущение
	3	700	1/VI	Выход в трубку
5. Сахарная свекла	01	800	15/IV	Предпосевной
	2	600	10/VI	Рост розетки листьев
	3	700	1/VII	Развитие корнеплода
	4	700	25/VII	То же
	5	600	14/VIII	Начало накопления сахара
6. Картофель весенней посадки	01	500	15/V	Появление полных всходов
	2	500	10/VI	Бутонизация
	3	400	30/VI	Цветение
	4	500	20/VII	Формирование клубней
	5	500	5/VIII	Нарастание клубней
7. Кукуруза	01	800	20/IV	Предпосевной
	2	600	15/VI	Образование придаточных корней
	3	600	9/VII	Выбрасывание султана
	4	600	10/VIII	Налив зерна
8. Просо	01	800	20/V	Кущение
	2	800	20/VI	Образование метелки

7. Кукуруза

8. Сахарная свекла

9. Кукуруза

Режим орошения культур принимаем по таблице приложения для почвенно-мелиоративного района I области Южных степей с небольшими отклонениями, основанными на учете местного опыта (табл. 11). Полив круглосуточный.

Расчеты по составлению графика гидромодуля ведем в табличной форме в следующем порядке:

а) по площади, занимаемой каждой культурой, определяем долю участия ее в севообороте.

При проектировании новых систем площади полей принимают обычно равными. Так, при наличии двух полей озимой пшеницы, в девятипольном севообороте, доля участия  $a = \frac{2}{9} = 0,22 = 22\%$  и т. п.;

б) устанавливаем поливные периоды —  $t$  (суток). Продолжительность поливных периодов для культур, занимающих два поля, при поливных нормах 800 и более  $m^3/га$ , принимаем  $t = 8-10$  суток; при меньших поливных нормах и долях участия принимаем  $t = 4-6$  суток;

в) по средним срокам поливов и их продолжительности определяем даты начала и конца поливных периодов. Правильность установления дат проверяем по формуле  $D_{cp} = \frac{D_n + D_k}{2}$ , где  $D_{cp}$ ,  $D_n$  и  $D_k$  — даты среднего срока, начала и конца полива. Например: для предпосевного полива сахарной свеклы средний срок  $D_{cp}$  — 15 апреля; устанавливаем начало полива  $D_n$  — 13 апреля, конец полива  $D_k$  — 17 апреля.

$$D_{cp} = \frac{13 + 17}{2} = 15 \text{ апреля,}$$

следовательно, даты назначены правильно.

При четном числе дней полива даты назначаются с отклонением на половину суток в ту или иную сторону.

При расчетах необходимо помнить, что дни начала и конца полива включаются в поливной период;

г) определяем продолжительность межполивных периодов —  $\tau$  (в сутках), путем вычитания из даты среднего срока последующего полива даты среднего срока предыдущего полива.

Так, средний срок первого полива сахарной свеклы  $D_1^{cp}$  — 15 апреля, средний срок второго полива  $D_2^{cp}$  — 10 июня, межполивной период:

$$\tau = D_2^{cp} - D_1^{cp} = 15 + 31 + 10 = 56 \text{ суток;}$$

д) вычисляем значения гидромодуля  $q$  по формуле (I—10). При вычислениях следует пользоваться логарифмической линейкой или вспомогательной таблицей 12.

ТАБЛИЦА 12

Величины оросительного модуля при  $\alpha = 1$  и круглосуточном поливе

Поливная норма, $м^3/га$	Значение гидромодуля при поливном периоде в сутках													
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
300	1,16	0,87	0,70	0,58	0,50	0,43	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	
400	1,54	1,16	0,93	0,77	0,66	0,58	0,51	0,46	0,42	0,39	0,36	0,33	0,31	
500	1,93	1,45	1,16	0,96	0,83	0,72	0,64	0,58	0,53	0,48	0,44	0,41	0,39	
600	2,32	1,74	1,39	1,16	0,99	0,87	0,77	0,69	0,63	0,58	0,53	0,50	0,46	
700	2,70	2,03	1,62	1,35	1,16	1,01	0,90	0,81	0,74	0,68	0,62	0,58	0,54	
800	3,09	2,32	1,85	1,54	1,32	1,16	1,03	0,93	0,84	0,77	0,71	0,66	0,62	
900	3,47	2,60	2,08	1,74	1,48	1,30	1,16	1,04	0,95	0,87	0,80	0,74	0,69	
1000	3,86	2,89	2,32	1,93	1,65	1,45	1,29	1,16	1,05	0,96	0,89	0,83	0,77	
1100	4,24	3,18	2,55	2,12	1,82	1,59	1,42	1,27	1,16	1,06	0,98	0,91	0,85	
1200	4,63	3,47	2,78	2,32	1,98	1,74	1,54	1,39	1,26	1,16	1,07	0,99	0,93	

При  $\alpha$ , не равном единице, величина гидромодуля получается умножением табличного значения гидромодуля на фактическую долю участка.

Пример:  $m = 700 \text{ м}^3/га$ ;  $t = 10$  суток;  $\alpha = 0,25 = 1/4$ . По таблице  $q_1 = 0,81 \text{ л/сек}$  на  $1 \text{ га}$ ; фактическое значение гидромодуля

$$q = \alpha q_{\text{табл}} = 0,25 \cdot 0,81 = 0,20 \text{ л/сек на } 1 \text{ га};$$

е) составляем ведомость неуккомплектованного графика (табл. 13) и по ней строим неуккомплектованный график гидромодуля (рис. 4), откладывая по оси абсцисс время в сутках, а по оси ординат — величину гидромодуля. Наиболее удобный масштаб: горизонтальный в  $1 \text{ мм} = 1$  сутки, вертикальный — в  $1 \text{ мм} = 0,01 \text{ л/сек}$  на  $1 \text{ га}$ ; можно применять и более крупный масштаб;

ж) проводим укомплектование графика. Как видно из рисунка, значения гидромодуля на неуккомплектованном графике колеблются от  $0,13$  до  $0,66 \text{ л/сек}$  на  $1 \text{ га}$ . Кроме того, в графике имеется много коротких перерывов по  $1—5$  дней, которые нарушают равномерность работы оросительной системы и увеличивают потери воды в каналах. После укомплектования графика, значения гидромодуля колеблются в пределах от  $0,22$  до  $0,30 \text{ л/сек}$  на  $1 \text{ га}$ , а короткие перерывы между поливами продолжительностью менее пяти дней почти все устранены.

Ведомость неукomплектованного и укomплектованного графика гидромодуля

Культура	Доля участка $\alpha$	Поливов	Поливаемая норма $m$ , $m^3/га$	Оросительная норма $M$ , $m^3/га$	Неукomплектованная схема						Укomплектованная схема				
					поливной период						поливной период				
					средний срок	начало	конец	продолжительность $t$ , суток	межполивный период $\tau$	гидромодуль $q$ , л/сек на 1 га	средний срок	начало	конец	продолжительность $t$ , суток	межполивный период $\tau$
1. Озимая пшеница + люцерна на 50% площади	2/9	01	800	2200	16/IX	11/IX	20/IX	10	0,21	16/IX	12/IX	20/IX	9	0,23	
	2		700		5/V	1/V	8/V	8	231	0,23	5/V	1/V	7/V	7	231
	3		700		27/V	24/V	30/V	7	22	0,26	25/V	22/V	28/V	7	20
Вместе с покровной культурой															
2. Люцерна подп. кровная в год посева	1/9	01—3	2200	4300					45					49	
	4		700		11/VII	9/VII	12/VII	4	20	0,23	13/VII	10/VII	16/VII	7	18
	5		700		30/VII	28/VII	1/VIII	5	19	0,18	31/VII	30/VII	2/VIII	4	17
	6		700		18/VIII	16/VIII	20/VIII	5		0,18	17/VIII	15/VIII	18/VIII	4	0,23
3. Люцерна 2-го года жизни на укос	1/9	01	800	4300	3/X	1/X	5/X	5	0,21	3/X	1/X	4/X	4	0,26	
	2		700		20/V	18/V	23/V	6	229	0,15	20/V	19/V	21/V	3	229
	3		700		3/VI	1/VI	5/VI	5	14	0,18	4/VI	2/VI	5/VI	4	15
	4		700		11/VII	9/VII	12/VII	4	38	0,23	13/VII	10/VII	16/VII	7	39
	5		700		26/VII	24/VII	27/VII	4	15	0,23	28/VII	26/VII	29/VII	4	15
	6		700		20/VIII	18/VIII	22/VIII	5	25	0,18	21/VIII	19/VIII	22/VIII	4	24

Культура	Доля участка а	№ поливов	Поливная норма т, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма М, м <sup>3</sup> /га	Неукомплектованная схема					Укомплектованная схема				
					поливной период					поливной период				
					средний срок	начало	конец	продолжительность t, суток	междоливный период τ	гидромодуль q, л/сек на 1 га	средний срок	начало	конец	продолжительность t, суток
4. Яровая пшеница	1/9	01	800	2200	8/X	6/X	10/X	5	0,21	7/X	5/X	8/X	4	0,26
		2	700		11/V	9/V	13/V	5	215 0,18	10/V	8/V	11/V	4	215 0,23
		3	700		1/VI	31/V	3/VI	4	21 0,23	30/V	29/V	1/VI	4	20 0,23
5. Сахарная свекла	1/9	01	800	3400	15/IV	13/IV	17/IV	5	0,21	13/IV	12/IV	15/IV	4	0,26
		2	600		10/VI	9/VI	11/VI	3	56 0,26	10/VI	9/VI	11/VI	3	58 0,26
		3	700		1/VII	29/VI	2/VII	4	21 0,23	1/VII	30/VI	3/VII	4	21 0,23
		4	700		25/VII	23/VII	26/VII	4	24 0,23	24/VII	22/VII	25/VII	4	23 0,23
		5	600		14/VIII	13/VIII	15/VIII	3	20 0,26	13/VIII	12/VIII	14/VIII	3	20 0,26
6. Картофель несен-ней посадки	1/9	1	500	2400	15/V	14/V	17/V	4	0,18	13/V	12/V	14/V	3	0,22
		2	500		10/VI	8/VI	11/VI	4	26 0,18	7/VI	6/VI	8/VI	3	25 0,22
		3	400		30/VI	28/VI	1/VII	4	20 0,13	28/VI	28/VI	29/VI	2	21 0,26
		4	500		20/VII	18/VII	21/VII	4	20 0,18	18/VII	17/VII	19/VII	3	20 0,22
		5	500		5/VIII	3/VIII	6/VIII	4	16 0,18	4/VIII	3/VIII	5/VIII	3	17 0,22
7. Кукуруза	2/9	01	800	2600	20/IV	16/IV	23/IV	8	0,26	20/IV	16/IV	23/IV	8	0,26
		2	600		15/VI	12/VI	17/VI	6	56 0,26	15/VI	12/VI	17/VI	6	56 0,26
		3	600		9/VII	5/VII	12/VII	8	24 0,20	7/VII	4/VII	9/VII	6	22 0,26
		4	600		10/VIII	7/VIII	12/VIII	6	32 0,26	9/VIII	6/VIII	11/VIII	6	33 0,26
н. Просо	1/9	01	800	1600	20/V	18/V	22/V	5	0,21	17/V	15/V	18/VIII	4	0,26
		2	800		20/VI	18/VI	21/VI	4	31 0,26	20/VI	18/VI	21/VI	4	34 0,26

## СПОСОБЫ И ТЕХНИКА ПОЛИВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

### § 7. Способы полива при поверхностном орошении

При поверхностном орошении вода распределяется по поверхности поля тремя способами: 1) по полосам, 2) по бороздам и 3) затоплением чеков.

При поливе по полосам воду напускают тонким слоем на выровненные длинные узкие полосы и в процессе движения по ним она впитывается в почву. Поверхность полосы при поливе покрывается водой, структура разрушается, почва уплотняется, после полива образуется корка, способствующая большому испарению воды в первые дни после полива, воздухообмен и активность процессов нитрификации снижаются. Поэтому полив по полосам применяют там, где нет возможности по каким-либо причинам производить полив другим способом.

Полив по полосам применяют для культур узкорядного посева (травы, зерновые и др.), на участках с уклонами от 0,002 до 0,02. Лучшими для полива по полосам являются уклоны 0,002—0,007.

При поливе по бороздам вода напускается в борозды и в процессе движения просачивается через дно и стенки борозды, увлажняет межбороздное пространство, главным образом капиллярным путем в боковом направлении (рис. 5). Этот способ полива позволяет равномерно распределять воду в активном слое почвы при небольших поливных нормах, разрушает структуру почвы меньше, чем полив по полосам, не снижает аэрацию и не вызывает явлений денитрификации. Полив по бороздам допускает механизацию посева, посадки и обработки междурядий в перекрестных направлениях; его можно применять на участках с уклонами до 0,02—0,03. Борозды, в отличие от полос, можно нарезать под любым углом к горизонталям. Бороздовой полив — лучший способ полива при поверхностном орошении. Его широко применяют для пропашных культур (хлопчатника, кукурузы, картофеля, овощных, багчевых, плодовых, ягодных и других культур), а иногда и для зерновых культур (засеваемые борозды).

Полив по бороздам не рекомендуется применять на сильно засоленных почвах, так как после каждого полива на поверхности почвы выступают растворимые соли, вредные для сельскохозяйственных растений. Существенным недостатком полива по бороздам на невыровненных и на малоуклонных участках является малая производительность труда поливальщика (0,25—0,5 га в смену).





Рис. 5. Полив по бороздам.

При поливе затоплением вода напускается в чеки (площадки, ограниченные со всех сторон валиками) слоем от 5 до 25 см и более и впитывается в почву.

Полив затоплением разрушает структуру почвы, уменьшает ее скважность и аэрацию, вызывает восстановительные процессы в почве и процесс денитрификации, требует больших планировочных работ. Поливные и оросительные нормы велики, оросительная вода расходуется неэкономно. Вследствие фильтрации воды вглубь уровень грунтовых вод, как правило, поднимается, ряд питательных веществ вымывается и переходит в неусвояемую форму. Поэтому полив затоплением применяют при непрерывном орошении риса, при промывке сильно засоленных почв, для борьбы с филлоксерой и редко для влагозарядковых поливов. Полив затоплением обеспечивает высокую производительность труда поливальщика.

### § 8. Полив по полосам

**Устройство поливных полос.** Поливные полосы располагают перпендикулярно к горизонталям и устраивают их, как правило, одновременно с посевом. Ширина полос равна или кратна ширине захвата сеялки (3,6 м). Для равномерного увлажнения поло-

сы поперечный уклон должен быть не более 0,002, а минимальный слой воды на полосе — не менее 3 см.

Для нарезки полос применяют полосообразователи, которые крепят к тракторной сеялке. Полосообразователь выравнивает впереди сеялки поверхность почвы, сгребает верхний сухой слой почвы и образует водоудерживающий валик высотой 16—25 см с основанием 40—60 см. Сошники сеялки заделывают семена сзади полосообразователя в выровненную, слегка уплотненную почву. Для влагозарядковых поливов полосы делают этими же полосообразователями, укрепленными на сеялках (посевные аппараты выключают), или валикоделателями, которые являются сменными рабочими органами канавокопателей.

**Процесс полива по полосам.** На участках с уклоном менее 0,004 воду на полосы подают из выводных борозд (рис. 6, а), а на участках с уклоном более 0,004 — из временных оросителей (рис. 6, б).

На поливном участке полив производят «снизу вверх». В начале полива воду подают из временного оросителя в нижнюю выводную борозду, из которой ее выпускают на последние 3—5 полос с помощью сифонов, труб, поливных щитков с фартуками или через прокопы в нижней дамбе выводной борозды. После того как вода покроет 0,7—0,9 длины полосы, поливальщик прекрывает воду в выводной борозде брезентовой перемычкой или переносным подпорным щитом и выпускает воду в следующие 3—5 полос и так повторяют процесс полива до тех пор, пока не польют все полосы из нижней выводной борозды. После этого аналогично полив ведется из следующей, вышерасположенной выводной борозды. При такой очередности полива поливальщик идет вверх по неполивной площади. Производительность

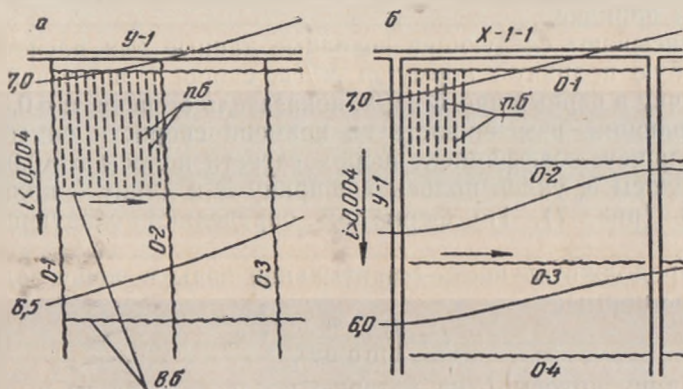


Рис. 6. Расположение временной оросительной сети:

а — продольная схема (0-2, 0-3 — временные оросители, в. б. — выводные борозды, л. б. — поливные полосы, борозды); б — поперечная схема (в полосы и борозды вода подается из временных оросителей).

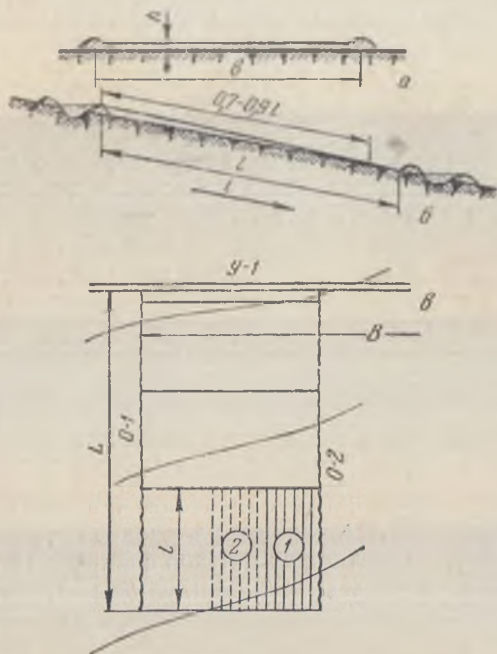


Рис. 7. Расчетная схема полива по полосам:

*a* — поперечный профиль полосы;  
*b* — продольный профиль полосы;  
*в* — план полос, поливаемых из выводных борозд: 1 — в первую очередь; 2 — во вторую очередь.

поливальщика на поливе тем выше, чем больше расход воды в выводной борозде, и в среднем равна 1—2 га в смену. Желательно, чтобы поперечный и продольный профили выводной борозды обеспечивали пропуск не менее 60 л/сек воды. Для проведения своевременной культивации поливной участок следует поливать без перерыва, круглосуточно, не более двух суток.

**Расчет полива по полосам.** Полив по полосам рассчитывают в таком порядке.

Выписывают следующие исходные данные для расчета: минимальную поливную норму  $m$  м<sup>3</sup>/га, скорость впитывания воды в почву в первый час  $W_1$  м/ч, показатель степени  $\alpha = 0,3 \div 0,8$ , показывающий изменчивость во времени скорости впитывания воды в почву, коэффициент шероховатости полосы  $n = 0,05$ , ширину полосы  $b$ , уклон полосы  $i$ , ширину  $B$  и длину  $L$  поливного участка (рис. 7). По формулам определяют следующие величины.

1. Продолжительность  $t$  впитывания воды в почву заданной поливной нормы:

$$t = \left( \frac{m}{10\,000 W_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \text{ ч.} \quad (\text{I—11})$$

2. Длину полосы  $l$ , на которую подается вода из выводной борозды:

$$l = 36\,000 \frac{q^t}{m} \text{ м,} \quad (\text{I—12})$$

где  $q$  — удельный расход воды в л/сек на 1 м ширины полосы

В этом уравнении величины  $m$  и  $t$  известны,  $q$  и  $l$  неизвестны. Обе величины  $q$  и  $l$  сопряжены друг с другом и определяются подбором так, чтобы длина полосы была по возможности больше, удельный расход был в пределах 2—10 л/сек, толщина слоя воды была бы не менее 3 см. Для больших поливных норм при вычисленной длине полосы  $l$  определяют удельный расход  $q$ .

В расчетах длину полосы  $l$  принимают кратной длине поливного участка  $L$  и определяют значение  $q$ .

3. Толщину слоя воды  $h$  на полосе:

$$h = 0,2q^{0,5} \cdot t^{-0,25} \text{ м.} \quad (I-13)$$

4. Скорость движения воды  $v$  на полосе:

$$v = C \cdot q^{0,5} \cdot t^{0,25} \text{ м/сек.} \quad (I-14)$$

Скорость  $v$  должна быть меньше размывающей, равной 0,15—0,20 м/сек. Значения скоростного коэффициента  $C$  принимают на заросших полосах равным 6 и на незаросших — 4.

5. Поливную струю  $q_n$  на одну полосу шириной  $b$  м. обычно равную 3,6 м:

$$q_n = q \cdot b \text{ л/сек.} \quad (I-15)$$

6. Количество выводных борозд  $N_1$  на поливном участке:

$$N_1 = \frac{L}{l} \text{ шт.} \quad (I-16)$$

7. Количество всех полос  $N_2$  на поливном участке.

$$N_2 = N_1 \frac{B}{b} \text{ шт.} \quad (I-17)$$

8. Количество одновременно поливаемых полос  $N$  на поливном участке, считая, что он поливается  $T$  часов без перерыва:

$$N = \frac{N_2 t}{T} \text{ шт.} \quad (I-18)$$

9. Расход воды нетто, подаваемый на поливной участок:

$$Q_n = q_n N \text{ л/сек.} \quad (I-19)$$

10. Расход воды нетто, подаваемой в выводную борозду, из которой одновременно поливается  $N_3 = 3—5$  и более полос.

$$Q_{в.б} = q_n N_3 \text{ м/сек.} \quad (I-20)$$

11. Количество одновременно работающих выводных борозд:

$$N_{в.б} = \frac{Q_n}{Q_{в.б}} \text{ шт.} \quad (I-21)$$

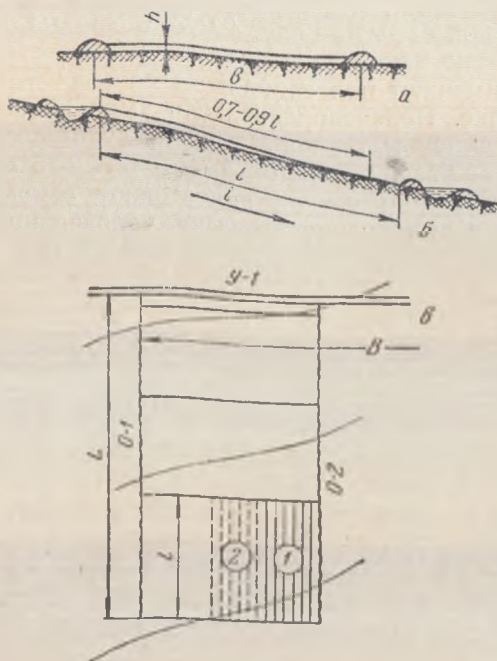


Рис. 7. Расчетная схема полива по полосам:

*a* — поперечный профиль полосы;  
*b* — продольный профиль полосы;  
*в* — план полос, поливаемых из выводных борозд: 1 — в первую очередь; 2 — во вторую очередь.

поливальщика на поливе тем выше, чем больше расход воды в выводной борозде, и в среднем равна 1—2 га в смену. Желательно, чтобы поперечный и продольный профили выводной борозды обеспечивали пропуск не менее 60 л/сек воды. Для проведения своевременной культивации поливной участок следует поливать без перерыва, круглосуточно, не более двух суток.

**Расчет полива по полосам.** Полив по полосам рассчитывают в таком порядке.

Выписывают следующие исходные данные для расчета: минимальную поливную норму  $m$  м<sup>3</sup>/га, скорость впитывания воды в почву в первый час  $W_1$  м/ч, показатель степени  $\alpha = 0,3 \div 0,8$ , показывающий изменчивость во времени скорости впитывания воды в почву, коэффициент шероховатости полосы  $n = 0,05$ , ширину полосы  $b$ , уклон полосы  $i$ , ширину  $B$  и длину  $L$  поливного участка (рис. 7). По формулам определяют следующие величины.

1. Продолжительность  $t$  впитывания воды в почву заданной поливной нормы:

$$t = \left( \frac{m}{10\,000 W_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \text{ ч.} \quad (\text{I-11})$$

2. Длину полосы  $l$ , на которую подается вода из выводной борозды:

$$l = 36\,000 \frac{qt}{m} \text{ м,} \quad (\text{I-12})$$

где  $q$  — удельный расходы воды в л/сек на 1 м ширины полосы

В этом уравнении величины  $m$  и  $t$  известны,  $q$  и  $l$  неизвестны. Обе величины  $q$  и  $l$  сопряжены друг с другом и определяются подбором так, чтобы длина полосы была по возможности больше, удельный расход был в пределах 2—10 л/сек, толщина слоя воды была бы не менее 3 см. Для больших поливных норм при вычисленной длине полосы  $l$  определяют удельный расход  $q$ .

В расчетах длину полосы  $l$  принимают кратной длине поливного участка  $L$  и определяют значение  $q$ .

3. Толщину слоя воды  $h$  на полосе:

$$h = 0,2q^{0,5} \cdot t^{-0,25} \text{ м.} \quad (1-13)$$

4. Скорость движения воды  $v$  на полосе:

$$v = C \cdot q^{0,5} \cdot t^{0,25} \text{ м/сек.} \quad (1-14)$$

Скорость  $v$  должна быть меньше размывающей, равной 0,15—0,20 м/сек. Значения скоростного коэффициента  $C$  принимают на заросших полосах равным 6 и на незаросших — 4.

5. Поливную струю  $q_{\text{п}}$  на одну полосу шириной  $b$  м, обычно равную 3,6 м:

$$q_{\text{п}} = q \cdot b \text{ л/сек.} \quad (1-15)$$

6. Количество выводных борозд  $N_1$  на поливном участке:

$$N_1 = \frac{L}{l} \text{ шт.} \quad (1-16)$$

7. Количество всех полос  $N_2$  на поливном участке.

$$N_2 = N_1 \frac{B}{b} \text{ шт.} \quad (1-17)$$

8. Количество одновременно поливаемых полос  $N$  на поливном участке, считая, что он поливается  $T$  часов без перерыва:

$$N = \frac{N_2 t}{T} \text{ шт.} \quad (1-18)$$

9. Расход воды нетто, подаваемый на поливной участок:

$$Q_{\text{н}} = q_{\text{п}} N \text{ л/сек.} \quad (1-19)$$

10. Расход воды нетто, подаваемой в выводную борозду, из которой одновременно поливается  $N_3 = 3—5$  и более полос.

$$Q_{\text{в.б}} = q_{\text{п}} N_3 \text{ м/сек.} \quad (1-20)$$

11. Количество одновременно работающих выводных борозд:

$$N_{\text{в.б}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{в.б}}} \text{ шт.} \quad (1-21)$$

Полосы делают тем короче, чем больше водопроницаемость почвы, чем больше выражен микрорельеф, чем меньше уклон. Рекомендуемые длины полос приведены в таблице 14.

ТАБЛИЦА 14

Рекомендуемая длина поливных полос

Продольный уклон полосы	Удельный расход, л/сек на 1 м полосы	Длина полосы, м	
		хорошо выровненной	плохо выровненной
0,002—0,005	4—6	100—125	75—100
0,005—0,015	2—4	75—100	50—75

### § 9. Полив по бороздам

**Незатопляемые и затопляемые борозды.** Незатопляемые мелкие борозды широко применяют для полива всех пропашных культур с квадратно-гнездовым и рядовым посевом на выровненных площадях с уклоном от 0,002 до 0,02. Полив по мелким бороздам позволяет механизировать обработку междурядий и уборку урожая.

В незатопляемые борозды вода подается малой струей и в процессе движения ее тонким слоем по борозде вся впитывается в почву.

Затопляемые глубокие борозды нарезают на участках с уклоном менее 0,002 и на почвах с малой водопроницаемостью. Емкость затопляемых борозд должна вместить объем воды, равный поливной норме. Борозды быстро заполняют водой на  $\frac{2}{3}$  глубины и через дно и стенки вода постепенно просачивается в почву. После полива почва уплотняется и на смоченной поверхности образуется корка.

Глубокие затопляемые борозды в значительной степени препятствуют тракторной обработке полей в направлении поперек борозд. В этом случае перед передними колесами трактора целесообразно установить коледелатели (окучники), которые разрушают гребни между бороздами и засыпают борозды, образуя колею для прохода колес трактора.

**Устройство поливных борозд.** В настоящее время поливные борозды нарезают навесными культиваторами-окучниками КОН-2,3; КОН-2,8; КОН-2,8-П; КРН-4,2 и др. Борозды имеют трапецеидальное или параболическое сечение с шириной по дну около 10 см, с заложением откосов около 1:1 и глубиной от 12—15 см (мелкие борозды) до 16—20 см (глубокие борозды) (рис. 8, а).

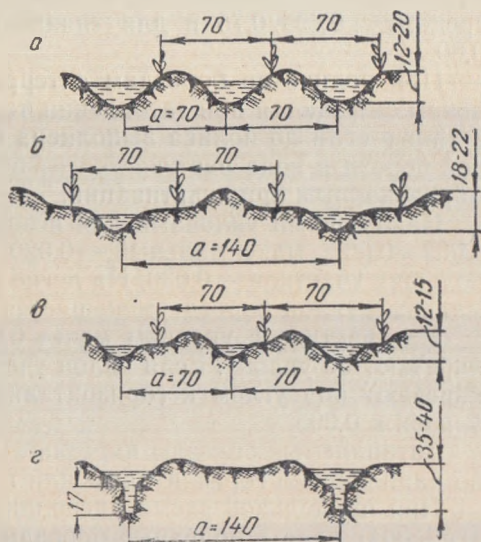


Рис. 8. Профили поливных борозд:

*а* — мелкие и глубокие борозды; *б* — борозды с террасами; *в* — борозды с бермой; *г* — борозды-щели. (Размеры даны в см).

Для использования рассадопосадочных машин и сеялок в орошаемом овощеводстве устраивают борозды с террасами (рис. 8, б) и борозды с бермой (рис. 8, в), нарезаемые культиваторами с установленными на них окучниками особой конструкции.

Для преодоления неровностей рельефа до 10 см и повышения производительности поливальщика на влагозарядковых поливах в некоторых случаях устраивают борозды-щели общей глубиной до 35—40 см (рис. 8, г), которые нарезают борозделом-щеле-резом.

По условиям смыкания контура увлажнения (рис. 9) расстояние между осями борозд для легких почв равно 0,5—0,6 м, для

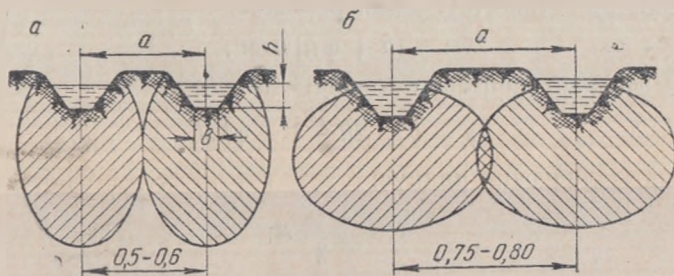


Рис. 9. Контурсы увлажнения почвы при поливе по бороздам:

*а* — на легких почвах; *б* — на тяжелых почвах.



средних — 0,65—0,75 и для тяжелых глинистых почв — 0,75—0,80 м.

При поливе по бороздам с террасами контуры увлажнения почвы смыкаются при затоплении террас водой во время полива, а также если до полива выполнена глубокая культивация поперек борозд и вода растекается из борозды в стороны по щелям, образованным при культивации.

Наилучшими уклонами для незатопляемых борозд являются 0,002—0,007, максимальный — 0,020 и как исключение для небольших участков — 0,030. На легко размываемых почвах максимальный уклон борозд уменьшается до 0,01.

На участках с уклоном менее 0,007 незатопляемые борозды нарезают по уклону. Если уклон участка более 0,007, то борозды нарезают под углом к горизонталям так, чтобы их уклон был близок к 0,005.

Затопляемые борозды нарезают с уклоном менее 0,002 обычно параллельно горизонталям или под острым углом к ним.

При продольной схеме расположения временных оросителей ( $i < 0,004$ ) вода в поливные борозды поступает из выводных борозд (рис. 6, а), а при поперечной схеме ( $i > 0,004$ ) — из временных оросителей (рис. 6, б) при помощи сифонов, трубочек, шитков или с помощью распределительных борозд. Полив производится по принципу «снизу вверх», так же как и по полосам.

Расчет полива по незатопляемым бороздам. Принимают данные для расчета: глубину борозды  $H$ , ширину по дну  $b = 0,1$  м, заложение откосов  $\varphi = 1—1,5$ , коэффициент шероховатости  $n = 0,05$ , глубину воды в борозде  $h = \frac{1}{3} H$ , расстояние между бороздами  $a$ , величину поливной нормы  $m$  м<sup>3</sup>/га, скорость впитывания воды в почву в первый час  $W_1$  м/ч, допустимую скорость на размыв  $v_p = 0,1—0,2$  м/сек, определяют по плану ширину  $B$  и длину  $L$  поливного участка, уклон борозд  $i$ .

По формулам вычисляют:

1) площадь живого сечения борозды:

$$\omega = (b + \varphi h) h \text{ м}^2; \quad (1-22)$$

2) смоченный периметр борозды:

$$\chi = b + 2h \sqrt{1 + \varphi^2} \text{ м}; \quad (1-23)$$

3) гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \text{ м}; \quad (1-24)$$

4) скоростной коэффициент по Павловскому:

$$C = \frac{R}{n}^{1,5\sqrt{n}}; \quad (1-25)$$

5) скорость движения воды:

$$v = C \sqrt{Ri} \text{ м/сек}, \quad (I-26)$$

которая должна быть меньше  $v_p$ ;

6) расход воды в борозде:

$$q = \omega v \text{ м}^3/\text{сек}; \quad (I-27)$$

7) площадь впитывания воды на 1 м борозды:

$$\chi' = b + \lambda h \sqrt{1 + \varphi^2 m^2}; \quad (I-28)$$

значение  $\lambda$  для песчаных почв равно 1,5, для глинистых — 2,5;

8) продолжительность впитывания воды в почву борозды:

$$t = \left( \frac{m \cdot a}{10\,000 \chi' W_1} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ ч}; \quad (I-29)$$

9) длину борозды:

$$l = 36\,000 \frac{qt}{ma} \text{ м}; \quad (I-30)$$

вычисленная длина борозды округляется до величины, кратной длине поливного участка  $L$ ;

10) количество выводных борозд по длине участка:

$$N_1 = \frac{L}{l} \text{ шт}; \quad (I-31)$$

11) количество всех поливных борозд  $N_2$  на поливном участке шириной  $B$  равно:

$$N_2 = N_1 \frac{B}{a} \text{ шт}; \quad (I-32)$$

12) количество одновременно поливаемых борозд, считая, что поливной участок поливается круглосуточно  $T$  ч:

$$N = N_2 \frac{t}{T} \text{ шт.}; \quad (I-33)$$

13) расход воды, который надо подать на поливной участок:

$$Q = qN \text{ м}^3/\text{сек}; \quad (I-34)$$

14) количество одновременно работающих выводных борозд:

$$N_{в.б} = \frac{Q}{Q_{в.б}} \text{ шт.}, \quad (I-35)$$

где  $Q_{в.б}$  — расход выводной борозды,  $\text{м}^3/\text{сек}$ .

Так как на каждой выводной борозде работает один поливальщик, то одновременно определяется и количество поливальщиков в смену.

Расчетом затопляемых борозд определяют только их длину по формуле:

$$l = \frac{h_2 - h_1}{i} \text{ м}, \quad (1-36)$$

где  $h_2$  и  $h_1$  — глубина воды в конце и начале борозды, м;  
 $i$  — уклон борозды.

Длина затопляемых поливных борозд обычно равна 20—100 м, расход  $q=0,5-2$  л/сек, глубина воды в начале борозды  $h_1=5-7$  см, в конце борозды  $h_2=11-14$  см.

Длину незатопляемых борозд и расход воды в борозду при различных уклонах на почвах средней водопроницаемости на неспланированных участках можно принять по таблице 15.

ТАБЛИЦА 15

Длина борозд и расход воды в борозду  
 (по А. Н. Костякову)

Уклоны борозд	Длина борозд, м	Расход воды в борозду, л/сек
0,015—0,010	70—100	0,15—0,25
0,010—0,005	100—120	0,25—0,40
0,005—0,002	120—80	0,40—0,60
0,002—0,001	80—60	0,60—0,75 и более

На спланированных участках длину борозд можно значительно увеличить. На легких почвах, подстилаемых галечником, приведенные в таблице 15 значения  $q$  увеличивают, а значения  $l$  уменьшают на 20—40%. На тяжелых почвах значения  $q$  уменьшают, а значения  $l$  увеличивают на 15—25%.

На хорошо выровненной площади с уклоном выше 0,002 при глубоком залегании грунтовых вод длину незатопляемых поливных борозд можно увеличить до 500 м (табл. 16). Это позволяет значительно улучшить условия механизации работ и повысить производительность труда поливальщиков. Однако величина поливных норм при указанных в таблице 16 длинах борозд достигает 1500—2000 м<sup>3</sup>/га.

**Пути рационализации поверхностных способов полива.** Серьезными недостатками полива по бороздам и полосам являются: низкая производительность труда на поливе (0,5—1 га в смену); борозды и полосы ухудшают условия механизации посадки рассады, перекрестной культивации междурядий. Повышение производительности труда на поливе, улучшение качества увлажнения почвы и создание хороших условий для механизации

Длина борозд и расход воды в одну незатопляемую борозду  
на хорошо выровненных участках (по данным ЮЖНИИГиМ)

Скорость впитывания в первый час, м/ч	Уклон борозд	Длина борозд, м	Расход воды в борозду, л/сек
Менее 0,09 . . . . .	0,002—0,004	250—300	1,2—1,0
	0,004—0,007	300—450	1,0—0,8
	0,007—0,01	450—500	0,8—0,5
От 0,09 до 0,18 . . . . .	0,003—0,005	200—250	1,5—1,2
	0,006—0,008	250—350	1,2—1,0
	0,008—0,01	350—450	1,0—0,8
Свыше 0,18 . . . . .	0,003—0,005	120—200	2,0—1,5
	0,005—0,008	200—300	1,5—1,2
	0,008—0,01	300—350	1,2—1,0

зации всех сельскохозяйственных работ требуют дальнейшего усовершенствования поверхностных способов полива. Решение этих задач идет следующими путями.

1. Автоматизация пуска воды в длинные полосы и борозды с помощью переносных поливных трубопроводов и однобортных выводных и распределительных борозд. Производительность поливальщика достигает 5 га в смену и более, условия механизации сельскохозяйственных работ улучшаются.

2. Механизация подачи воды из оросительных каналов в поливные борозды и полосы с помощью самоходных поливных машин типа СПМ-200. Машина поливает 1—2 гектара в час (расход 200 л/сек).

3. Увеличение поливных струй поливальщиков до 100 л/сек и больше, увеличение длины поливных борозд до 300—500 м и увеличение пропускной способности оросителей до 200—300 л/сек, внедрение брезентовых перемычек, переносных подпорных и поливных щитков, сифонов и т. д. позволяет увеличить производительность поливальщика до 3—5 га и более в смену.

4. Совершенствование профиля поливных борозд в полосе для механизации посева, посадки, обработки междурядий и уборки урожая сельскохозяйственными машинами существующих конструкций. Сюда относятся поливы по бороздованным полосам, бороздам с террасами, бороздам с бермой, мелким бороздам и т. д.

5. Конструирование новых сельскохозяйственных машин и приспособлений к существующим машинам для механизации процессов возделывания всех сельскохозяйственных культур при сложившейся агротехнике их возделывания и тем самым устранение недостатков, присущих поверхностным способам полива.

Любое усовершенствование способов полива дает лучшие результаты на спланированных выровненных участках.

## § 10. Полив риса затоплением

**Режим орошения риса.** Рис является влаголюбивой культурой и поливается двумя способами: 1) периодически по бороздам и 2) непрерывным затоплением. При правильной агротехнике и правильно подобранных сортах оба способа полива позволяют выращивать высокие урожаи риса.

При периодическом орошении оросительная норма риса составляет 5—7 тыс.  $m^3/га$  при 12—16 поливах в течение вегетационного периода нормой по 350—400  $m^3/га$ . Влажность почвы поддерживается не ниже 80% предельной полевой влагоемкости. За 15—20 дней до уборки поливы прекращают. Положительными сторонами полива риса по бороздам являются: 1) оросительная норма значительно ниже, чем при непрерывном затоплении; 2) не развиваются, а если имеются, то погибают личинки малярийного комара и влаголюбивые сорняки (частуха, стрелолист, рогоз и др). Существенным недостатком периодического орошения риса является большая трудоемкость борьбы с полевыми сорняками, которыми он легко заглушается.

Для борьбы с сорняками и поддержания равномерного теплового режима почвы рис поливают затоплением по чекам

Затопление бывает непрерывное, когда поле покрыто водой в течение почти всего вегетационного периода риса, и периодическое, когда вода периодически сбрасывается с поля на несколько дней.

Оросительную норму риса  $M$  при непрерывном затоплении определяют по формуле:

$$M = 100 [HP(1 - \beta_0) + h] + 10tE + 86,4(\sigma + \delta + \Delta) - 10A \text{ м}^3/\text{га}, \quad (I-37)$$

где  $H$  — слой почвы от поверхности до уровня грунтовых вод или до водоупора перед началом насыщения,  $m$ ;

$P$  — пористость почвы в % к объему, равная для супесей 35—40, средних суглинков 40—45, тяжелых суглинков — 45—60 и глины — 50—60 %;

$\beta_0$  — влажность почвы перед поливом в долях от пористости;

$h$  — глубина слоя затопления,  $cm$ ;

$t$  — продолжительность затопления, сутки;

$E$  — среднесуточная величина испарения и транспирации в  $mm$ , в предварительных расчетах может быть принята в зоне А равной 6,4 и в зоне Б — 5,6  $mm$ ;

$\sigma$  — отток воды в периферийную дренажную сеть,  $л/сек$  с 1  $га$  (изменяется от 0 до 1  $л/сек$  с 1  $га$ );

$\delta$  — постоянный сброс воды для образования проточности,  $л/сек$  с 1  $га$  (0,35—0,40  $л/сек$  с 1  $га$ );

$\Delta$  — потери воды на фильтрацию через внешние валики,  $л/сек$  с 1  $га$  (0,1—0,3  $л/сек$  с 1  $га$ );

$A$  — сумма атмосферных осадков за оросительный период, мм.

Орошение риса складывается из 2—3 увлажнительных поливов в период от посева до появления полных всходов (20—30 дней), из затопления по 8—12 дней нужным слоем воды и поддержания этого слоя до конца молочной спелости.

1. Норма увлажнительного полива  $m$  —  $HP(\gamma - \beta_0)$  м<sup>3</sup>/га и гидромодуль  $q = \frac{\alpha m}{86,4t}$  л/сек на 1 га, где  $H$  — глубина в м и  $P$  — пористость в % от объема увлажняемой почвы с влажностью до полива  $\beta_0$ , а после полива  $\gamma$  в % от пористости;  $t$  — продолжительность полива;  $\alpha$  — доля участия риса в севообороте.

2. При затоплении чеков слоем  $h$  см поливная норма  $m_0$  равна:

$$m_0 = 100 [HP(1 - \beta_0) + h] \text{ м}^3/\text{га}, \quad (\text{I—38})$$

обозначения те же, что и в формуле (I—37).

Ежедневно будет затопливаться  $\frac{1}{t_0}$  всей площади риса. В первый день затопления гидромодуль будет равен:

$$q_1 = \frac{\alpha m_0}{86,4t_0} \text{ л/сек на 1 га}. \quad (\text{I—39})$$

На вторые сутки нужен расход  $q_1$  на затопление второй части площади и расход на поддержание слоя воды в чеках, залитых в первый день, равный  $\frac{\sigma'}{t_0}$ , который складывается из покрытия испарения  $E'$  мм/сутки фильтрации и стока  $\sigma'$ ; потерь воды через валики  $\delta'$ ; проточности  $\Delta'$ , выраженных в л/сек с 1 га:

$$q = \frac{E}{86,4} + \sigma' + \delta' + \Delta'. \quad (\text{I—40})$$

На третьи сутки расход надо увеличить на  $2q'$  и т. д. (рис. 10).

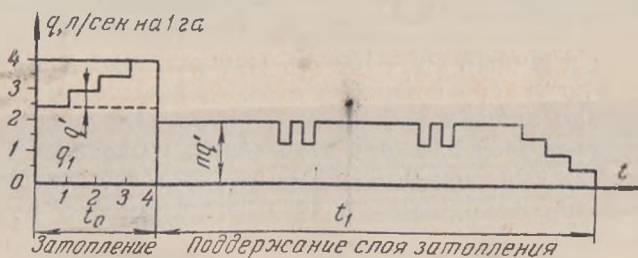


Рис. 10. График гидромодуля риса.

В последний день затопления потребуется наибольший расход воды (до 3—4 л/сек на 1 га). После затопления всей площади риса требуется только поддерживать слой воды, гидро модуль опускается до 1,5—2,5 л/сек на 1 га. Если подавать постоянный расход, то суточная площадь затопления постепенно будет уменьшаться.

В период кущения, молочной и восковой спелости гидро модуль значительно уменьшается.

Величины фактических оросительных норм риса для основных районов рисосеяния в СССР приведены в таблице 17.

ТАБЛИЦА 17

Фактические оросительные нормы риса

Районы	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
Приморский край . . . . .	7000—10 000
Плавни р. Кубани . . . . .	14 000—28 000
Киргизская ССР . . . . .	22 000
Кара-Калпакская АССР . . . . .	30 000—48 000
Узбекская ССР . . . . .	53 000
Периодическое орошение (Северный Кавказ) . . . . .	4000—7000

Главные пути сокращения расхода воды на орошение риса:

- 1) отбор площадей с малой водопроницаемостью почв;
- 2) снижение в допустимых пределах поливных норм;
- 3) удлинение периода от посева до затопления до 30 дней и сокращение периода затопления в допустимых пределах;
- 4) уменьшение фильтрации воды через валики;
- 5) недопущение проточности, когда фильтрация воды в грунт обеспечивает нормальную смену воды;
- 6) переход на периодическое орошение.

**Техника орошения риса.** Оросительная сеть для полива риса затоплением может быть инженерной (рис. 11, а, б) или полуинженерной (рис. 11, в).

В инженерной системе орошаемую площадь делят оросительными и водоотводными каналами на поливные карты шириной 150—250 м и длиной 400—1500 м. При расположении картового оросителя по уклону поливную карту делят поперечными валиками на чеки площадью 1—3 га. При расположении оросителя вдоль горизонталей площадь чека (карты) равна от 4 до 30 га и более. Каждый чек имеет самостоятельное питание водой из оросителя и сбрасывает ее непосредственно в картовый сброс.

В полуинженерной системе густая сеть продольных и поперечных валиков делит поливную карту на чеки площадью 0,01—

0,1 га. Несколько чеков, питаемые общим током воды, переходящим последовательно из верхнего в нижележащие, образуют цепочку чеков (рис. 11,з). Постоянные продольные валики, непреходимые для машин, имеют ширину поверху 20 см, высоту — 30—35 см и заложение откосов 1 : 1—1 : 1,5. Поперечные валики, переходимые для машин, имеют высоту 25—30 см, ширину поверху не менее 30—35 см и заложение откосов 1 : 4 или 1 : 6.

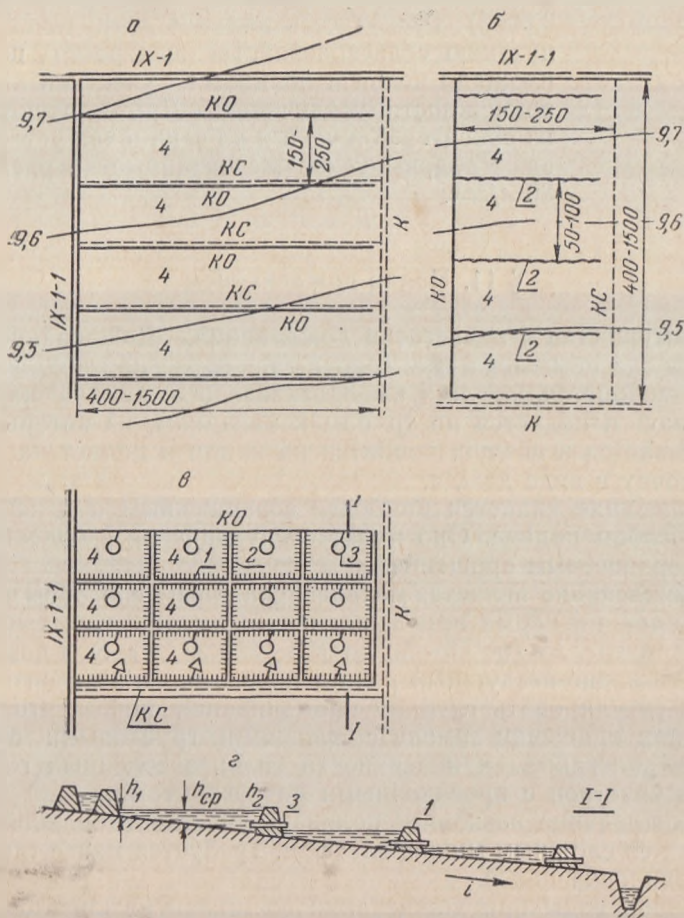


Рис. 11. Оросительная сеть для полива риса затоплением:

а — инженерная с расположением картковых оросителей вдоль горизонталей; б — инженерная с расположением картковых оросителей поперек горизонталей; в — полуинженерная; г — цепочка чеков по сечению I—I  
 KO — картковый ороситель; KC — картковый сброс; К — коллектор;  
 1 — продольные валики; 2 — поперечные валики; 3 — водовыпуски;  
 4 — чек.



Расстояние между валиками зависит от уклона участка и вычисляется по формуле:

$$l = \frac{h_2 - h_1}{i} < \frac{0,5h_{\text{ср}}}{i}, \quad (1-41)$$

где  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_{\text{ср}}$  — глубина воды в верхней, нижней и средней части чека. Величину  $h_{\text{ср}}$  принимают до 20 см. Максимальный продольный уклон рисовых полей желательно иметь не более 0,001 (лучше 0,0005). Густая сеть валиков затрудняет механизацию сельскохозяйственных работ, поэтому площади чеков и поливных участков надо по возможности увеличивать. Для выпуска воды из оросителей в чеки и из чека в чек устанавливают водовыпуски, рассчитанные на расход до 80 л/сек.

## § 11. Полив дождеванием

**Преимущества и недостатки дождевания.** Дождеванием называется способ полива, при котором оросительная вода забирается из водоисточника или из оросительного канала насосной установкой и подается по трубам к насадкам, из которых она выбрасывается в воздух, дробится на капли и падает на растения и почву в виде дождя.

Дождевание является наиболее совершенным и перспективным способом полива. Оно имеет следующие преимущества перед поверхностным орошением.

1. Дождевание является механизированным способом полива.

2. Поливная норма при дождевании регулируется точно и в широких пределах (от 30—50 до 300—600 м<sup>3</sup>/га). Это позволяет создавать водно-воздушный режим почвы, близкий к оптимальному, и регулировать глубину промачивания почвы, что очень важно при орошении земель с близкими грунтовыми водами, близким залеганием к поверхности сильнозасоленных горизонтов или участков с просадочными почвогрунтами.

3. Дождевание позволяет поливать участки с большими уклонами и со сложным микрорельефом. Требуется менее тщательная планировка полей.

4. Забор воды при дождевании возможен из каналов, идущих в выемке.

5. Исключаются работы по поделке поливных борозд, валиков, выводных борозд. Условия механизации посева, посадки, обработки и уборки сельскохозяйственных культур на ровной поверхности лучше, чем на поверхности с бороздами или полосами.

6. Дождевание в большей степени, чем поверхностное орошение, улучшает микроклимат, активизирует процессы ассимиляции, улучшает развитие корневой системы, повышает плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур. Запланированный урожай можно получить при меньших (на 15—30%) затратах воды, чем при поверхностном орошении.

7. Дождевание позволяет одновременно с орошением вносить удобрения в почву, оно может быть использовано для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений.

Однако дождеванием поливается пока небольшая площадь, причиной чего являются следующие недостатки дождевания.

1. Высокие затраты металла на изготовление дождевальных машин, труб и аппаратуры (40—110 кг на 1 га).

2. Большая энергоемкость процесса дождевания (40—100 квт·ч на 1 полив при  $m=300$  м<sup>3</sup>/га).

3. Неравномерность полива при ветре.

4. Несвершенство конструкций дождевальных машин и установок.

5. Еще низкая производительность труда на поливе дождеванием.

В настоящее время дождевание применяется в основном для орошения овощных и технических культур, садов и питомников в зонах избыточного и недостаточного увлажнения, где орошение только дополняет естественные осадки в отдельные засушливые периоды.

Орошение дождеванием целесообразно также на участках со сложным рельефом, с близкими грунтовыми водами, со слабозасоленными и просадочными почвогрунтами.

**Особенности поливного режима сельскохозяйственных культур при дождевании.** При поверхностном орошении минимальная норма полива обычно составляет 400 м<sup>3</sup>/га. Полив дождеванием позволяет производить поливы часто, малыми нормами, и не снижать влажность пахотного слоя ниже 75—80% предельной полевой влагоемкости. В Московской области норма полива при дождевании колеблется от 100 до 300 м<sup>3</sup>/га. В Крыму, на Украине и в Заволжье норма вегетационных поливов составляет 300—400 м<sup>3</sup>/га, предпосадочных, посадочных, послепосевных — 100—200 м<sup>3</sup>/га, освежительных — 30—50 м<sup>3</sup>/га.

Значение влагозарядковых поливов для всех культур при дождевании возрастает, так как при вегетационных поливах увлажняется в основном только пахотный слой.

Чтобы не разрушалась структура почвы, не образовывались лужи и сток воды, не повреждались цветы, завязи и листья растений, интенсивность дождя должна быть не более 0,1—0,2 мм/мин при поливе тяжелых почв, 0,2—0,3 мм/мин — средних и 0,5—0,8 мм/мин — легких почв; интенсивность 0,1—0,15

*мм/мин* является наилучшей. Диаметр капель дождя должен быть не больше 1—2 *мм*.

**Дождевальные установки.** Дождевальной установкой называется устройство для орошения дождеванием. Оно состоит из насосно-силового оборудования, водоподводящей распределительной сети (трубы, каналы) и дождевальных аппаратов. Дождевальные установки по принципу работы делятся на стационарные, полустационарные и подвижные, а дождевальные аппараты по дальности разбрызгивания воды делятся на короткоструйные (КДУ) и дальнеструйные (ДДУ).

В СССР широко применяются установки и машины следующих марок: КДУ-55М, ДДН-45 и ДДА-100М.

Иногда (в теплицах и на парниках) применяют также стационарные короткоструйные дождевальные установки с часто расположенными неподвижными дождевальными крыльями с отверстиями или насадками.

Короткоструйная дождевальная установка КДУ-55М. Модернизированная короткоструйная дождевальная установка КДУ-55М предназначена для полива овощных и технических культур, ягодников и питомников, преимущественно от стационарных закрытых оросительных систем.

КДУ-55М состоит из стационарной или подвижной насосной станции, разводящих подземных трубопроводов  $d = 150—200$  *мм*, уложенных через 300 *м*, переносного вспомогательного трубопровода длиной 55 *м* и двух переносных дождевальных крыльев длиной по 150 *м* каждое (рис. 12).

Дождевальные крылья и вспомогательный трубопровод состоят из легких алюминиевых переносных труб длиной по 5 *м*,  $d = 105$  *мм*, при весе каждой трубы 11,4 *кг*, соединяемых быстро-разъемными муфтами. На каждом дождевальном крыле через 10 *м* в муфты ввинчены трубы-стойки, на которые навинчены насадки с конусными распылителями. Высота насадок над поверхностью земли около 1 *м*. Из водоисточника вода подается насосной станцией в напорный подземный трубопровод, из которого через гидрант она поступает во вспомогательный трубопровод, затем в дождевальное крыло и через насадки разбрызгивается по кругу. С одной позиции крыла дождь покрывает полосу длиной 156 *м* и шириной 15 *м*, давая в среднем 0,75 *мм* осадков в минуту.

Дождевальные крылья работают поочередно, позиционно; во время работы одного крыла другое переносят на новую позицию. При поливе по одну сторону от подземного трубопровода каждое крыло переносят на 20 *м*, при поливе по обеим сторонам — на 10 *м* (рис. 13).

Если насосно-силовой агрегат вместе с подвижным трубопроводом и КДУ-55М перемещается вдоль реки или канала, то установка работает как передвижная (рис. 14).

Рис. 12. Схема полустационарной короткоструйной дождевальной установки КДУ-55М:

1 — всасывающая труба; 2 — насосная станция; 3 — разводящий подземный трубопровод; 4 — гидрант; 5 — дождевальные крылья; 6 — переносный вспомогательный трубопровод; 7 — граница поливного участка.

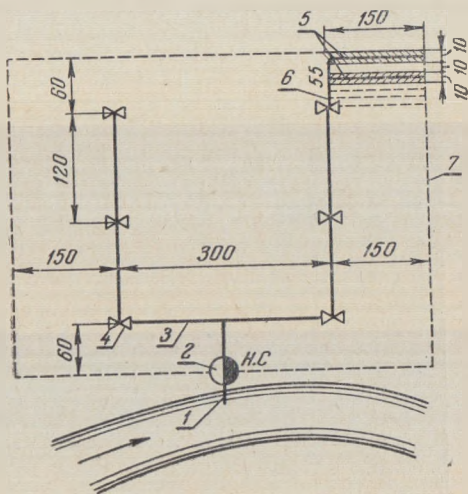


Рис. 13. Схема очередности работы дождевальных крыльев КДУ-55М:

1 — стационарный подземный трубопровод; 2 — переносной вспомогательный трубопровод; 3 — первое действующее дождевальное крыло; 4 — заглушка; 5 — второе дождевальное крыло, подготовленное к поливу; 6 — гидрант; 7 — тройники-гидранты. Цифры справа показывают очередность работы дождевальных крыльев.

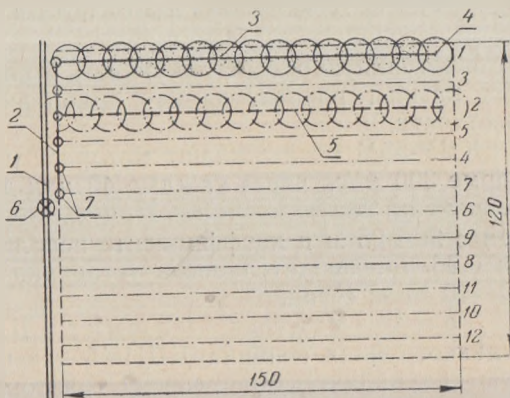


Рис. 14. Схема подвижной короткоструйной дождевальной установки КДУ-55М:

1 — передвижная насосная станция с водозабором из оросительного канала; 2 — вспомогательный трубопровод; 3 — дождевальные крылья; I, II, III — участки, поливаемые с одной позиции насосной станции.

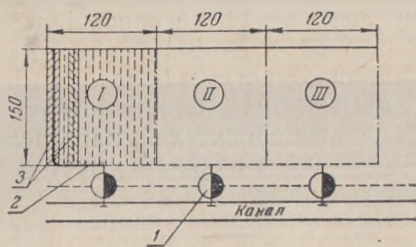




Рис. 15. Дождевальная дальнеструйная машина ДДН-45 в работе.

Постоянную оросительную сеть строят так, чтобы дождевальные крылья располагались приблизительно по горизонталям местности.

КДУ-55М обслуживают моторист и два поливальщика. При норме  $300 \text{ м}^3/\text{га}$  через каждые 40 мин дождевальные крылья переносят на новую позицию. При расходе  $25 \text{ л/сек}$  и напоре в гидранте 20—25 м и коэффициенте использования рабочего времени 0,95 производительность установки составляет  $0,3 \text{ га/ч}$ , или 30—40 га за сезон.

Дождевальная машина ДДН-45. Дождевальная дальнеструйная машина ДДН-45 навешивается на универсальную гидравлическую подвеску трактора ДТ-54А и состоит из всасывающей линии центробежного насоса с редуктором, дальнеструйного аппарата и заливочного бака с подкормщиком (рис. 15).

Дождевальный аппарат имеет два ствола. Первый ствол с насадком  $d=14 \text{ мм}$  орошает площадь внутреннего круга радиусом до 20 м. Второй ствол с насадком  $d=36 \text{ мм}$  орошает периферийную часть большого круга с радиусом до 60 м.

Машина ДДН-45 работает позиционно, воду всасывает из временных оросителей, нарезаемых параллельно через 80 м. Одновременно с поливом имеется возможность вносить растворимые удобрения.

Дождевальный аппарат может вращаться по кругу со скоростью  $0,143 \text{ об/мин}$  или по сектору, то есть совершать возврат-

по-вращательное движение внутри заданного сектора от 60 до 270°. При поливе по кругу с одной позиции поливается площадь около 1 га. Машина дает расход 33,4 л/сек (120 м³/ч), среднюю интенсивность дождя 0,16—0,28 мм/мин, средний диаметр капель 1 мм.

Полив начинают следующим образом. На расстоянии 40 м от края поля трактор останавливают около оросителя (рис. 16), воду в оросителе перекрывают перемычкой, всасывающую линию опускают в ороситель и с помощью ручного насоса, укрепленного на трубе, заполняют ее водой. Затем включают в работу центробежный насос, который всасывает воду из оросителя, а дождевальная машина разбрызгивает ее по кругу. Время работы машины на одной позиции при поливной норме 100 м³/га — 1 ч. при норме 200 м³/га — 2 ч и т. д.

Перед переездом на следующую позицию насос выключают, всасывающую линию вынимают из оросителя и укладывают в деревянный желоб, прикрепленный к трактору. При поливе по кругу трактор переезжает на 85—100 м. Всасывающую линию, заполненную водой, опускают в ороситель, насос включают и полив начинают снова. Перемычку в оросителе переставляют по мере необходимости.

Достоинство самоходной дождевальной машины ДДН-45 заключается в полной механизации полива с одной позиции на площади до 1 га, большой маневренности и возможности орошения овощных, полевых культур, плодовых деревьев, ягодников и виноградников. Недостаток ДДН-45 заключается в низком качестве полива при скорости ветра более 2 м/сек; при скорости выше 6 м/сек поливать вообще нецелесообразно.

Дождевальная машина ДДА-100М. Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100М (рис. 17) состоит из следующих частей: 1) трактора ДТ-54А со специальной коробкой перемены передач; 2) двухконсольной треугольной фермы с насадками и распылителями; 3) узла крепления фермы на тракторе; 4) насосной установки со всасывающей и напорной линиями; 5) гидравлической системы для управления

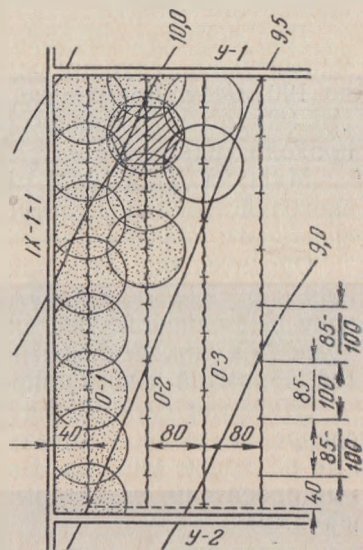


Рис. 16. Схема полива дождевальной машиной ДДН-45 из временных оросителей при поливе по кругу.

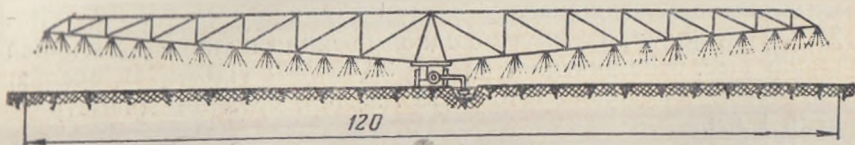


Рис. 17. Схема двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100М.

наклоном фермы и 6) гидравлического подкормщика для внесения удобрений и ядохимикатов при поливе.

Центробежный насос 8К-12, приводимый в движение трактором, всасывает воду из временного оросителя с расходом 100 л/сек через плавающий всасывающий клапан и подает ее под напором 23 м по двум нижним поясам фермы к короткоструйным насадкам, которые закреплены по длине и ширине фермы через 4 м. Агрегат движется вдоль оросителя со скоростью 360 м/ч и поливает одновременно полосу шириной 120 м при средней интенсивности дождя 3 мм/мин, максимальной интенсивности — 6,25 мм, среднем диаметре капель — 0,75 мм. Коэффициент использования времени равен 0,8. Производительность агрегата за 7 ч при поливной норме 320 м<sup>3</sup>/га составляет 6,3 га. Поливная норма в 240, 320, 400 м<sup>3</sup>/га дается за 3, 4, 5 проходов агрегата. За вегетационный период машина поливает участок площадью 100—150 га.

Для нормальной работы агрегата ороситель должен иметь малый уклон, глубину воды не менее 30 см, пропускать расход до 120 л/сек. Временные оросители нарезают параллельно через 120 м; вдоль оросителей оставляют незасеянные полосы для прохода трактора.

Машина ДДА-100М рекомендуется для орошения всех сельскохозяйственных культур из открытой оросительной сети при спокойном рельефе с уклоном до 0,005 на площадях более 50 га.

**Оросительная сеть при поливе дождеванием.** Водопроводящая и распределительная сеть при поливе дождеванием подает воду на поливной участок и распределяет ее внутри участка, подводя к дождевальным машинам. Эта сеть может быть открытой, закрытой и комбинированной.

Открытая сеть состоит из постоянных внутривозвратных распределителей, которые располагаются редко, образуя крупные поливные участки. Внутри этих участков нарезают временные оросители, из которых воду забирают дождевальными машинами.

Закрытая сеть состоит из напорных трубопроводов (преимущественно асбоцементных), уложенных в земле на глубине 0,7—0,8 м, вода из которых с помощью гидрантов выводится на поверхность поля. На поверхности вода подается к дождевальным установкам с помощью переносных разборных трубопроводов.

При комбинированной сети крупные каналы располагаются редко, образуя крупные поливные участки. Внутри участка вода подается к дождевальным установкам с помощью переносных разборных трубопроводов, реже подземных стационарных. Из открытых каналов насосной станцией вода подается в эти трубопроводы, из которых под напором она поступает в дождевальные установки.

Плановое расположение, конструкция и расчет водопроводящей и распределительной сети при поливе дождеванием имеют следующие особенности.

1. Поливной участок должен быть прямоугольной формы и только при очень сложном рельефе как исключение может иметь вид трапеции. Ширина поливного участка должна быть кратной ширине захвата дождевальной машины, а длина не менее 400—600 м.

2. Трубопроводы и оросители внутри поливного участка располагают прямолинейно и параллельно друг другу.

3. Расстояния между временными оросителями или трубопроводами должны быть равны двойной расчетной длине крыла или радиуса разбрызгивания дождевальной машины с учетом перекрытия площади дождевания. Расстояние между границей поливного участка и временным оросителем (трубопроводом) принимают равным расчетной длине крыла или радиуса разбрызгивания дождевальной установки.

4. Для уменьшения диаметра труб и потерь напора постоянные трубопроводы целесообразно кольцевать.

5. Трубы закладывают в траншею на глубину 70—80 см таким образом, чтобы их можно было освободить от воды на зиму и в случае ремонта.

6. Временные оросители нарезают с уклоном около 0,0005 и запасом глубины 25—30 см для аккумуляции воды во время перезапусков машин и перебоев в их работе. Командование воды в оросителе над орошаемой площадью не требуется.

**Расчет потребности дождевальных установок и поливных машин.** Для определения необходимого количества дождевальных агрегатов вычисляют:

средневзвешенную поливную норму

$$m = \frac{a_1 m_1 + a_2 m_2 + \dots + a_n m_n}{100} \text{ м}^3/\text{га}; \quad (\text{I—42})$$

средневзвешенную продолжительность межполивного периода

$$\tau = \frac{a_1 \tau_1 + a_2 \tau_2 + \dots + a_n \tau_n}{100} \text{ суток}; \quad (\text{I—43})$$

производительность агрегата в сутки

$$\omega_{\text{сут}} = \frac{Q \cdot 3600t \cdot K_{p.v}}{m \cdot 1000} \text{ га}; \quad (\text{I—44})$$



сезонную производительность агрегата

$$\omega_{\text{сез}} = \omega_{\text{сут}} \cdot \tau \cdot \alpha; \quad (\text{I—45})$$

количество агрегатов

$$N = \frac{\omega}{\omega_{\text{сез}}} \text{ шт.}, \quad (\text{I—46})$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$  — процентный состав культур;

$m_1, m_2, m_n$  — поливные нормы,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$\tau_1, \tau_2, \tau_n$  — продолжительность межполивных периодов в сутках;

$t$  — продолжительность работы агрегатов в часах в течение суток;

$K_{\text{р.в}}$  — коэффициент использования рабочего времени агрегата;

$\omega$  — площадь орошаемого участка,  $\text{га}$ ;

$Q$  — расход агрегата,  $\text{л/сек}$ .

Расчетный расход временного оросителя или трубопровода, на котором одновременно могут работать не более трех дождевальных машин, равен сумме расходов одновременно работающих машин без учета коэффициента использования их рабочего времени.

Если на оросителе или трубопроводе работает одновременно более трех машин, то расход его  $Q_{\text{нт}}$  равен сумме расходов одновременно работающих машин, умноженной на коэффициент их использования:

$$Q_{\text{нт}} = \Sigma Q_{\text{д.м}} \cdot K_{\text{р.в}}. \quad (\text{I—47})$$

Диаметр трубопровода определяют по формуле:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{v}} \text{ м.} \quad (\text{I—48})$$

где  $v$  — скорость движения воды в трубе,  $\text{м}$ ;

$Q$  — расчетный расход воды в трубе в  $\text{м}^3/\text{сек}$ , который определяют по формуле:

$$Q = \frac{\Sigma Q_{\text{д.м}} K_{\text{р.в}}}{\eta} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (\text{I—49})$$

где  $\Sigma Q_{\text{д.м}}$  — сумма расходов одновременно работающих дождевальных машин,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$K_{\text{р.в}}$  — коэффициент использования машин. При количестве машин менее трех  $K_{\text{р.в}} = 1$ ;

$\eta$  — к. п. д. оросительной системы.

Фактический внутренний диаметр трубы принимают по ГОСТ таким, чтобы он был близким к расчетному. Внутренние диаметры асбестоцементных водопроводных труб (ВТ3, ВТ6, ВТ9) по

ГОСТ 539—59 равны: 50, 75, 100, 119, 141, 189, 235, 279, 322, 368 и 456 мм.

Подставив в формулу принятый фактический диаметр трубы, определяют фактическую скорость движения воды в ней.

**Расчет насоса.** Для подбора насоса по каталогу необходимо знать его расход  $Q$ , высоту всасывания  $H_{вс}$ , полный напор  $H_{п}$  и рабочую мощность на валу насоса  $N$ . Величины  $H_{вс}$  и  $H_{п}$  определяют по формулам:

$$H_{вс} = h_{вс} + h_{дл} + \Sigma h_{м.с} \text{ м}, \quad (\text{I—50})$$

$$H_{п} = H_{вс} + h_{геод} + h + h_{дл} + \Sigma h_{м.с} \text{ м}, \quad (\text{I—51})$$

где  $h_{вс}$  — геодезическая высота всасывания, равная превышению оси насоса над наимизшим горизонтом воды в водоисточнике;

$h_{геод}$  — геодезическая высота подъема воды, равная превышению наиболее высокой и удаленной точки над осью насоса (наиболее невыгодный случай);

$h$  — требуемый напор в гидранте. При орошении КДУ-55М  $h = 20—25$  м;

$h_{дл}$  — потери напора по длине трубопровода;

$\Sigma h_{м.с}$  — сумма местных потерь напора во всасывающем клапане, в коленах, в задвижках и т. д.;

Значения  $h_{дл}$  и  $h_{м.с}$  определяют по формулам:

$$h_{дл} = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ м}, \quad (\text{I—52})$$

$$h_{м.с} = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ м}, \quad (\text{I—53})$$

где  $\lambda$  — коэффициент сопротивления по длине, равный ориентировочно для металлических труб 0,02, для асбестоцементных — 0,025;

$L$  и  $d$  — длина и диаметр трубопровода, м.

$v$  — фактическая скорость движения воды в трубе, м/сек;

$g$  — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/сек<sup>2</sup>;

$\xi$  — коэффициент сопротивления, равный для всасывающего клапана 6, для задвижки 2, для колена 0,5, на вход воды в трубу 0,5, на выход из трубы 1,0.

Местные сопротивления для напорного трубопровода можно ориентировочно принять равными  $0,1h_{дл}$ .

Рабочая мощность на валу насоса определяется по формуле:

$$N = \frac{QH_{п}}{102\eta} \text{ квт}, \quad (\text{I—54})$$

где  $Q$  — расчетный расход, л/сек;

$H_{п}$  — полный напор, м;

$\eta$  — к. п. д. насоса, равный 0,8—0,9.

Зная величины  $Q$ ,  $H_{вс}$ ,  $H_{п}$  и  $N$ , по каталогам подбирают насос и выписывают его характеристику.

Установленная мощность насоса принимается с запасом на 10—25%. Мощность электромотора, установленного на одном валу с насосом, равна установленной мощности насоса. Мощность двигателя, работающего с ременной передачей, равна установленной мощности насоса, разделенной на к. п. д. передачи, равный приблизительно 0,92.

**Полив садов и виноградников.** Плодовые насаждения поливают в основном поверхностными способами (по бороздам, затоплением приствольных чаш и колец, затоплением мелких чек), а также дождеванием.

Полив садов короткоструйными дождевальными установками применяется в районах черноземной зоны и в Московской области и вполне оправдывает свое назначение. На крутых склонах, на сильноводопроницаемых почвах, на участках с выраженным рельефом эти установки оказывались незаменимыми.

В последние годы переводные плодово-ягодные хозяйства Краснодарского края, Ростовской и других областей применяют дальнеструйные дождевальные машины для полива ягодников, плодовых и лесных питомников и молодых садов. Плодоносящий сад можно поливать этими машинами при высоте деревьев до 5—6 м с расстоянием между рядами 8—10 м.

Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100М может быть использован только для полива ягодников (малина, смородина, крыжовник и др.), посевных отделений питомников, но не может быть применен для полива семечковых садов.

Опыты в Крымской и Воронежской областях показали, что поливать дождеванием сад можно в течение всего дня даже в период цветения. Никаких ожогов, повреждений листьев и завязей не наблюдается.

В районах недостаточного увлажнения орошение виноградников обязательно. Оно увеличивает урожай винограда и повышает сахаристость ягод, улучшает условия перезимовки, в сухую осень облегчает укрытие кустов винограда землей. Влажность активного слоя почвы до начала созревания ягод не должна опускаться ниже 75—80% от предельной полевой влагоемкости. Виноград поливают в основном по бороздам, реже по полосам в междурядьях виноградника и затоплением площадок на несколько суток для борьбы с филлоксерой. Для поддержания такой влажности почвы полив дальнеструйными дождевальными машинами является наилучшим.

Все овощеводческие пригородные хозяйства перешли или переходят на полив дождеванием. Дождевание оказалось высокоэффективным не только в зоне неустойчивого увлажнения, но и в засушливой зоне при поливе хлопчатника на Узбекской опытно-мелиоративной станции и в совхозе «Пахта-Арал».

## § 12. Подпочвенное орошение

**Система подпочвенного орошения.** При поверхностном орошении оросительная вода распределяется на поверхности почвы, при дождевании — над поверхностью почвы, а при подпочвенном орошении вода распределяется в почве на глубине 30—60 см.

Подпочвенное орошение основано на действии всасывающей силы почвы, поэтому его применяют на почвах с хорошими капиллярными свойствами и водонепроницаемой подпочвой и не применяют на песчаных, супесчаных, галечниковых, просадочных и засоленных почвах.

Система подпочвенного орошения состоит из насосной установки, проводящих открытых каналов или закрытых трубопроводов, подземных главных трубопроводов, оросительных и дренажных труб, сооружений на сети (рис. 18).

Вода в почву может быть подана различными способами: 1) по пористым трубам, уложенным параллельно друг другу через 1,75—2,0 м на глубине 40—45 см; 2) по водонепроницаемым трубам со стыками через 30 см, заделанными фильтрующими материалами, уложенным через 5—6 м на глубине 40—45 см; 3) по искусственным кротовинам, сделанным на глубине 40—50 см через 1,0—1,5 м; 4) по водонепроницаемым бетонным, гончарным, кирпичным открытым желобам, заполненным песком; 5) гидробуром на глубину 50—60 см; 6) самоходными машинами подпочвенного орошения на глубину 30—35 см.

В оросительные трубы длиной 100—200 м и диаметром 7,5 см вода поступает из главных трубопроводов диаметром 12 см. Всего на 1 га требуется не менее 5000 м труб.

За последние сто лет было испытано в разных странах несколько десятков способов подпочвенного орошения. Однако ни один из них не получил более или менее значительного распространения в практике; в настоящее время лишь намечаются пути решения этой проблемы.

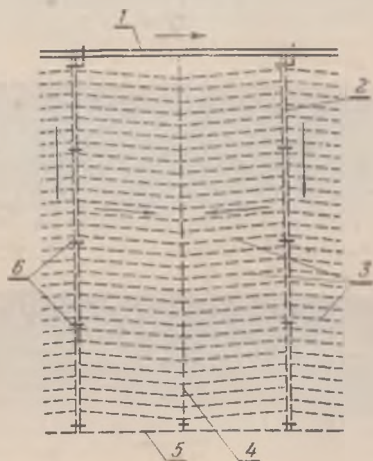


Рис. 18. Схема низконапорного подпочвенного орошения:

1 — открытый канал; 2 — подземные оросительные; 1 — увлажнительные трубы; 4 — дренажи; 5 — сброс; 6 — подпорные сооружения.

**Преимущества и недостатки подпочвенного орошения.** Главные преимущества подпочвенного орошения: 1) имеется возможность поддерживать влажность активного слоя почвы на уровне капиллярной влагоемкости; 2) структура пахотного горизонта поливами не разрушается, корка после полива не образуется, испарение с поверхности почвы меньше и запасы воды в почве сохраняются прочнее, чем при поливе дождеванием; 3) полив автоматизирован и затраты труда на полив при этом незначительны; 4) нет препятствий для механизации всех сельскохозяйственных работ, так как нет временной оросительной сети; 5) количество сорняков меньше, а развитие их хуже, чем при поверхностном орошении и при дождевании; 6) имеется возможность использования сточных вод и тепловых отходов для выращивания ранних овощей.

Главные недостатки подпочвенного орошения: 1) высокая стоимость строительства системы; 2) неприменимость на легких, просадочных и засоленных почвах; 3) слабое увлажнение верхнего слоя почвы, что ухудшает условия всходов и приживаемости рассады овощных и других культур; 4) большие потери воды на фильтрацию в горизонты, ниже активного слоя почвы; 5) необходимость осветления оросительной воды во избежание заиливания оросительных труб.

**Эффективность подпочвенного орошения.** Расходы на строительство сети подпочвенного орошения по гончарным трубам составляют около 1200 руб. на 1 га. Но несмотря на высокие капиталовложения, подпочвенное орошение экономически выгодно применять, особенно для полива интенсивных культур (хлопчатник, табак, овощи, сахарная свекла, кукуруза и др.). При орошении этих культур все затраты, вложенные на строительство и эксплуатацию системы, окупаются в первый год.

#### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 5.* Установить элементы техники полива — длину и поперечные размеры поливных полос и борозд и расчетные расходы — по следующим данным: длина поливного участка  $L = 780$  м; ширина участка  $B = 1140$  м; участок обслуживают 12 временных оросителей, расположенных на расстоянии 95 м друг от друга; почвы суглинистые, скорость впитывания воды в почву в первый час  $W_1 = 0,07$  м/ч.

Предельная неразмывающая скорость 0,1—0,2 м/сек. Средний уклон по направлению полива  $i = 0,004$ . Коэффициент шероховатости  $n = 0,05$ .

Полив напуском по полосам. Поливная норма  $m = 700$  м<sup>3</sup>/га, ширина полосы равна ширине захвата сеялки  $b = 3,6$  м.

Определяем продолжительность впитывания в почву заданной поливной нормы по формуле (I—11), принимая для суглинистых почв  $\alpha = 0,7$ :

$$t = \left( \frac{m}{10\,000 W_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}} = \left( \frac{700}{10\,000 \cdot 0,07} \right)^{\frac{1}{0,7}} = 1 \text{ ч.}$$

Длина полосы, достаточная для впитывания воды:

$$l_1 = 36\,000 \frac{qt}{m} = 36\,000 \frac{3 \cdot 1}{700} = 154 \text{ м,}$$

где  $q$  — удельный расход воды в л/сек на 1 м ширины полосы. Предварительно принимаем  $q = 3$  л/сек.

При длине поливного участка  $L = 780$  м количество поливных площадок и выводных борозд на каждом оросителе будет равно:

$$N_1 = \frac{L}{l_1} = \frac{780}{154} = 5,1.$$

Принимаем  $N_1 = 6$  полос, и тогда фактическая длина полосы будет:

$$l = \frac{L}{N_1} = \frac{780}{6} = 130 \text{ м.}$$

При длине полосы  $l = 130$  м потребный удельный расход:

$$q = \frac{lm}{36\,000t} = \frac{130 \cdot 700}{36\,000 \cdot 1} = 2,52 \text{ л/сек} = 0,00252 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Толщина слоя воды на полосе:

$$h = 0,2q^{0,5} i^{-0,25} = \frac{0,2 \cdot 0,00252^{0,5}}{0,004^{0,25}} = 0,04 \text{ м.}$$

Скорость движения воды на полосе:

$$v = Cq^{0,5} i^{0,25} = 6,8 \cdot 0,0025^{0,5} \cdot 0,004^{0,25} = 0,08 \text{ м/сек.}$$

По Павловскому:

$$C = \frac{1}{\pi} R^y = \frac{1^{1,5V\pi}}{\pi} = \frac{0,04^{1,5V0,05}}{0,05} = 6,8.$$

При ширине полосы  $b = 3,6$  м величина поливной струи:

$$q_n = qb = 2,52 \cdot 3,6 = 9,07 \text{ л/сек.}$$

Количество поливных полос на одной выводной борозде:

$$N' = \frac{B}{b} = \frac{95}{3,6} = 26.$$

Количество всех поливных полос на участке, обслуживаемом временным оросителем, при  $N_1 = 6$ :

$$N_2 = N_1 N' = 6 \cdot 26 = 156 \text{ полос.}$$

Количество одновременно поливаемых полос  $N$  на участке при условии полива его за одни сутки (полив культур сплошного сева может продолжаться до двух суток):

$$N = \frac{N_2 t}{24} = \frac{156 \cdot 1}{24} = 6,5.$$

Принимаем  $N=6$  полос.

Расход воды нетто, который необходимо подавать на участок:

$$Q_{нт} = q_n N = 9,07 \cdot 6 = 54,4 \text{ л/сек.}$$

Такой расход примерно соответствует расходу брутто временного оросителя  $Q_{бр} = 60 \text{ л/сек}$ , который можно подать в ороситель при уклоне  $i = 0,004 - 0,005$ .

При недостаточно спланированной площади расход, подаваемый в выводную борозду, обычно принимается в пределах  $Q_{в.б} = 25 - 30 \text{ л/сек}$ ; принимаем  $Q_{в.б} = 30 \text{ л/сек}$ .

В этом случае на оросителе будет работать  $\frac{Q_{бр}}{Q_{в.б}} = \frac{60}{30} = 2$  выводных борозды, с одновременным поливом трех полос из каждой борозды.

Полив по бороздам. Расчет ведется для того же участка, что и при поливе по полосам. Поливная норма для пропашных культур  $m = 600 \text{ м}^3/\text{га}$ . При уклоне местности  $i = 0,004$  принимаем полив по незатопляемым бороздам глубиной  $H = 15 - 18 \text{ см}$ , расстояние между бороздами  $a = 0,70 \text{ м}$ . Ширина борозд по дну  $b = 0,10 \text{ м}$ . Заложение откосов борозд  $\varphi = 1$ .

Глубину воды в борозде принимаем  $h = 0,06 \text{ м}$ .

Площадь живого сечения борозды:

$$\omega = (b + \varphi h) h = (0,10 + 1 \cdot 0,06) \cdot 0,06 = 0,0096 \text{ м}^2.$$

Смоченный периметр борозды:

$$\chi = b + 2h \sqrt{1 + \varphi^2} = 0,10 + 2 \cdot 0,06 \sqrt{1 + 1^2} = 0,27 \text{ м.}$$

Гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{0,0096}{0,27} = 0,036 \text{ м.}$$

Скоростной коэффициент по Павловскому:

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{0,036^{1,5} \sqrt{0,05}}{0,05} = 6,6.$$

Скорость движения воды в борозде:

$$v = C \sqrt{Ri} = 6,6 \sqrt{0,036 \cdot 0,004} = 0,079 \text{ м/сек (допустима).}$$

Расход воды в борозде:

$$q = \omega v = 0,0096 \cdot 0,079 = 0,00076 \text{ м}^3/\text{сек} = 0,76 \text{ л/сек.}$$

Длина периметра впитывания воды в борозде:

$$\chi' = b + \lambda h \sqrt{1 + \varphi^2} = 0,10 + 3 \cdot 0,06 \sqrt{1 + 1^2} = 0,35 \text{ м.}$$

Длительность подачи воды в борозду:

$$t = \left( \frac{ma}{10000 W_1 \chi'} \right)^{\frac{1}{0,7}} = \left( \frac{600 \cdot 0,7}{10000 \cdot 0,07 \cdot 0,35} \right)^{\frac{1}{0,7}} = 1,71^{1,43} = 2,15 \text{ ч.}$$

Длина поливной борозды:

$$l_1 = 36\,000 \frac{q^d}{ma} = 36\,000 \frac{0,76 \cdot 2,15}{600 \cdot 0,70} = 140 \text{ м.}$$

Принимаем длину, кратную длине временного оросителя:

$$l = \frac{780}{6} = 130 \text{ м (как и для полос).}$$

При ширине участка  $B=95$  м число поливных борозд на выводной борозде:

$$N_1 = \frac{B}{a} = \frac{95}{0,70} = 135 \text{ борозд.}$$

Общее количество борозд на участке при шести выводных бороздах:

$$N_2 = 6N_1 = 6 \cdot 135 = 810 \text{ борозд.}$$

Количество одновременно поливаемых борозд, при условии полива участка за одни сутки (24 ч):

$$N = \frac{N_2 t}{24} = \frac{810 \cdot 2,15}{24} = 72 \text{ борозды.}$$

Расход воды, который необходимо подавать в ороситель:

$$Q_{\text{вт}} = qN = 0,76 \cdot 72 = 54,7 \text{ л/сек.}$$

*Упражнение 6.* Определить число дождевальных агрегатов и составить схему их использования для орошения участка площадью 140 га, расположенного в Ростовской области. Почва участка — среднесуглинистый чернозем. Уклоны местности 0,008—0,010. Участок предполагается использовать под овоще-кормовой севооборот.

Вода подается в из колхозного водохранилища и полив будет производиться в течение  $t=18$  ч в сутки. Состав культур и поливные нормы даны в таблице 18.

По условиям рельефа и по размерам участка принимаем дальнеструйную дождевальную машину ДДН-45 с трактором ДТ-54 или ДТ-55.



Состав культур, поливные нормы и межполивные периоды

Культура	Процент участка	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Межполивной период, сутки
Капуста среднепоздняя . . . . .	25	400	12
Картофель . . . . .	20	350	15
Томаты . . . . .	15	300	10
Огурцы . . . . .	15	300	10
Кукуруза . . . . .	15	300	15
Сахарная свекла . . . . .	10	400	20

Основные данные по дождевальнoй машине:

расход воды . . . . .	$Q=33,4$ л/сек;
рабочий напор . . . . .	$H=55$ м;
дальность полета струи . . . . .	$R=60$ м;
расстояние между оросителями . . . . .	$B=80$ м;
расстояние между стоянками при работе по кругу . . . . .	$l=90$ м;
коэффициент использования рабочего времени . . . . .	$K_{p,v}=0,80$ ;
скорость вращения аппарата . . . . .	$h=0,143$ об/мин.

Определяем средневзвешенную поливную норму по формуле (1—42):

$$m = \frac{25 \cdot 400 + 20 \cdot 350 + (15+15+15) \cdot 300 + 10 \cdot 400}{100} = 345 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Средневзвешенная продолжительность межполивного периода:

$$\tau = \frac{25 \cdot 12 + 20 \cdot 15 + 15 \cdot 10 + 15 \cdot 10 + 15 \cdot 15 + 10 \cdot 20}{100} = 13,25 \approx 13 \text{ суток}.$$

Производительность одного агрегата в сутки:

$$\omega_{\text{сут}} = \frac{Q \cdot 3600 t K_{p,v}}{m \cdot 1000} = \frac{33,4 \cdot 3600 \cdot 18 \cdot 0,80}{345 \cdot 1000} = 5,02 \text{ га}.$$

Сезонная производительность агрегата:

$$\omega_{\text{сез}} = \omega_{\text{сут}} \tau = 5,02 \cdot 13 = 65,26 \text{ га}.$$

Определим потребное количество агрегатов:

$$N = \frac{\omega}{\omega_{\text{сез}}} = \frac{140}{65,26} = 2,14 \text{ агрегата}.$$

Принимаем две дождевальнoе машины.

Схема расположения оросительной и дорожной сети дана на рисунке 16.

Участок обслуживается хозяйственным распределителем 1Х-1-1, от которого отходят два участковых распределителя У-1 и У-2 длиной по 1160 м каждый.

От участковых распределителей через 80 м отходят временные оросители; крайние оросители отстоят от границ участка на 40 м. Вдоль нижней границы каждого участка проходят полевые дороги, а по южной границе всего участка идет хозяйственная дорога.

Вдоль каждого временного оросителя устраивается полоса шириной 3 м для передвижения трактора с дождевальными машинами ДДН-45. Стоянки машин располагаются в шахматном порядке, для чего на нечетных оросителях устраивается шесть стоянок с работой по кругу, а на четных семь стоянок, причем, на крайних стоянках работа производится по сектору. Площадь нетто каждого поливного участка  $\omega_{п.у} = \frac{540 \times 1200}{10000} = 64,8$  га; двух участков  $\omega_{уч} = 2 \times 64,8 = 129,6$  га, что соответствует сезонной производительности двух дождевальных машин.

Вокруг всего участка закладываются лесополосы с 2—3 рядами деревьев. При средней ширине полос отчуждения под каналы, дороги и лесополосы — 15 м длина участка будет  $L = 2 \times 540 + 3 \times 15 = 1125$  м и ширина участка  $B = 1200 + 2 \times 15 = 1230$  м.

Площадь участка брутто:

$$\omega_{бр} = \frac{1125 \times 1230}{10000} = 138,4 \text{ га} \approx 140 \text{ га}.$$

Среднюю интенсивность дождя определяем по формуле:

$$P_{ср} = \frac{60Q}{1000\omega} = \frac{60Q\mu}{1000\pi R^2 n}, \text{ м/мин} = \frac{60Q\mu}{\pi R^2 n}, \text{ мм/мин},$$

где  $\omega$  — площадь, поливаемая аппаратом за 1 мин с учетом перекрытия при поливе  $\omega = \frac{\pi R^2 n}{\mu}$ .

При расположении стоянок машины по треугольнику  $\mu = 1,20$ . Подставляя значения  $\omega$  и  $\mu$ , находим:

$$P_{ср} = \frac{60Q\mu}{\pi R^2 n} = \frac{60 \cdot 33,4 \cdot 1,20}{3,14 \cdot 60^2 \cdot 0,143} = 1,48 \text{ мм/мин}.$$

Благодаря вращению насадка время, в течение которого вода будет впитываться в почву, будет в  $n$  раз больше. С учетом перерывов в увлажнении интенсивность дождя будет:  $1,48 \cdot 0,143 = 0,21$  мм/мин, что для средних суглинков вполне допустимо.

Продолжительность чистой работы на одной стоянке:

$t = \frac{m}{P_{\text{ср}} n}$  мин, где  $m$  — поливная норма в мм.

$$\begin{aligned} \text{При } m = 300 \text{ м}^3/\text{га} = 30 \text{ мм}; t &= \frac{30}{1,48 \cdot 0,143} = \\ &= 143 \text{ мин} = 2 \text{ ч } 23 \text{ мин.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{При } m = 400 \text{ м}^3/\text{га} = 40 \text{ мм}; t &= \frac{40}{1,48 \cdot 0,143} = \\ &= 190 \text{ мин} = 3 \text{ ч } 10 \text{ мин.} \end{aligned}$$

#### ГЛАВА 4

### ВРЕМЕННАЯ ОРОСИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ И ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИВНЫХ УЧАСТКОВ К ПОЛИВУ

#### § 13. Временная оросительная сеть

**Состав и расположение временной оросительной сети.** Временная оросительная сеть состоит из временных оросителей, выводных и распределительных борозд, транспортирующих и поливных трубопроводов, которые подают воду из постоянных оросительных каналов в поливные полосы и борозды.

Временные оросители могут располагаться по двум схемам — продольной и поперечной.

В продольной схеме (рис. 6,а) оросители длиной 400—1200 м нарезают параллельно направлению поливных борозд (полос) через каждые 50—200 м. Поперек поливных борозд (полос) через каждые 80—120 м (длина борозд, полос) нарезают выводные борозды. Вода из участкового распределителя У-1 (постоянный канал) поступает во временный ороситель, из оросителя в выводные борозды, а из них в распределительные и затем в поливные борозды или полосы.

В поперечной схеме (рис. 6,б) оросители нарезают поперек поливных борозд (полос) с уклоном 0,001—0,002. Выводные борозды не нарезают. Вода в поливные борозды или полосы поступает из распределительных борозд или непосредственно из оросителей.

Выбор схемы расположения временных оросителей зависит от рельефа, нужного уклона поливных борозд или полос, способа посева и расположения постоянных каналов. На поливных участках с уклоном менее 0,002 следует применять продольную схему, располагая временные оросители вдоль по уклону (поперек горизонталей).

На участках с уклоном от 0,002 до 0,005 и при изрезанном рельефе временные оросители также целесообразно нарезать по продольной схеме, а на спланированных и выровненных участках лучше располагать их по поперечной схеме.

На участках с уклоном более 0,004—0,006 временные оросители следует располагать по поперечной схеме, так как оросители с уклоном более 0,004 при расходе более 20 л/сек размываются. Поперечная схема расположения оросителей лучше продольной также и потому, что исключаются работы по поделке и заравниванию выводных борозд, выше коэффициент полезного действия временной оросительной сети поливного участка и коэффициент земельного использования.

При поливе дождевальными машинами ДДН-45 и ДДА-100М оросители нужно нарезать под малым углом к горизонталям с уклоном около 0,0005 для создания аккумулирующей емкости, необходимой в процессе работы дождевальных машин.

При значительных уклонах (более 0,01), спокойном рельефе и параллельных горизонталях поливные борозды, временные оросители и распределители располагают под углом к горизонталям. При поливе по тупым бороздам временные оросители нарезают также в соответствии с рельефом (рис. 19).

При выпуске воды в борозды сифонами выводные борозды при продольной схеме и временные оросители при поперечной схеме их расположения нарезают канавокопателем с уклоном менее 0,001, рассчитанные на пропуск 50—100 л/сек. При отсутствии сифонов нарезают однобортные выводные борозды грейдерами Д-20Б, Д-144 или плантажным плугом ПП-50 или трехкорпусным плугом П-3-30 и др. Вода в них подается с обеих сторон из двух временных оросителей (рис. 20) и автоматически распределяется по поливным бороздам (полосам). Один поливальщик управляет расходом до 250 л/сек и может поливать до 5—6 га в смену.

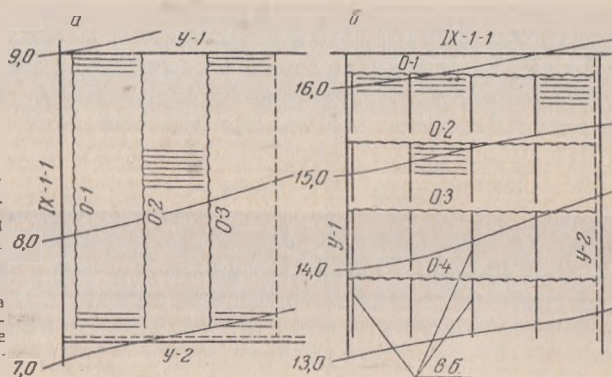


Рис. 19. Схема расположения временных оросителей при поливе по тупым бороздам:

а — поперечная схема (малые уклоны); б — продольная схема (большие уклоны); О-1, О-2 — временные оросители, в. б. — выводные борозды.

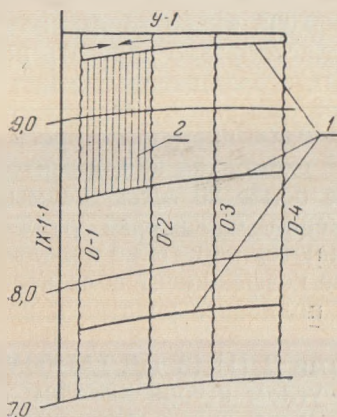


Рис. 20 Схема расположения временных оросителей и однобортных выводных борозд:

1 — однобортная безуклонная выводная борозда; 2 — поливные борозды.

При расположении выводных борозд с уклоном сначала нарезают грейдером или трехкорпусным плугом однобортные распределительные борозды, затем вплотную к ним канавокопателью нарезают обычные двубортные выводные борозды или временные оросители. После этого в распределительной борозде насыпают перемычки так, чтобы дно 10—30 и более поливных борозд, расположенных между перемычками, было на одной отметке. В полученные отсеки вода подается из выводной борозды сифонами или через прорези в борту выводной борозды. Из отсеков вода автоматически распределяется в борозды (рис. 21). Один поливальщик поливает одновременно до 150 борозд с общим расходом до 150 л/сек.

Совершенствуя систему орошения, Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации предложил на поливном участке ликвидировать временные оросители и выводные борозды. При поперечной схеме вместо

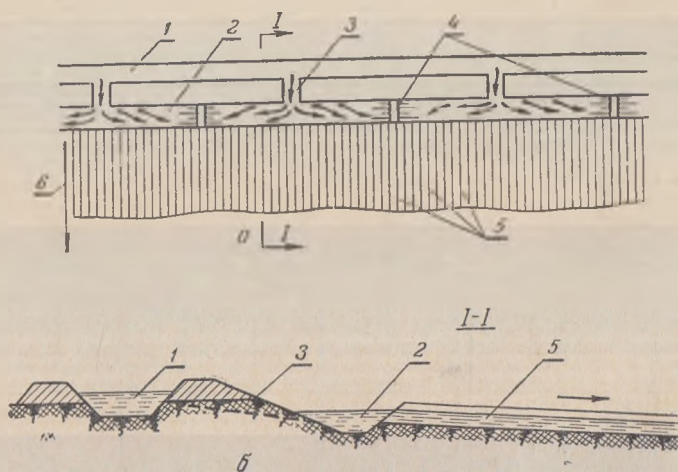


Рис. 21. Схема автоматического распределения воды в поливные борозды:

а — план; б — разрез I-I; 1 — ороситель (выводная борозда); 2 — однобортная распределительная борозда; 3 — сифон (прорезь в дамбе); 4 — земляные перемычки; 5 — поливные борозды; 6 — направление полива.

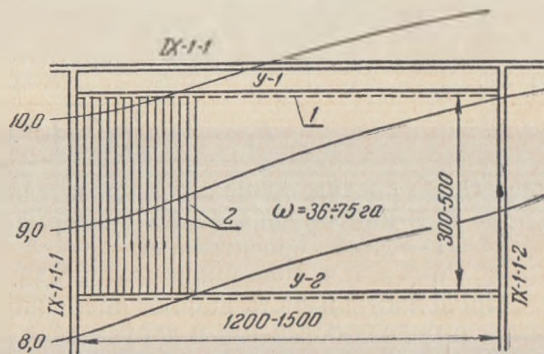


Рис. 22. Схема оросительной сети без временных оросителей внутри участка с автоматическим распределением воды в поливные борозды:

1 — однобортная распределительная борозда; 2 — поливные борозды.

временных оросителей устраивают постоянные каналы с уклоном около 0,0005 на пропуск 200—300 л/сек. Вода из постоянного канала с помощью водовыпусков, сифонов или водосливов подается в отсеки распределительной однобортной борозды, оттуда автоматически распределяется в поливные борозды. При длине канала 1200—1500 м и длине борозд 300—500 м образуется поливной участок площадью 36—75 га, что отвечает требованиям механизации сельскохозяйственных работ (рис. 22). Расходом 200—300 л/сек управляет один поливальщик и поливает около одного гектара в час, за сутки поливается 20—30 га. Такая схема полива позволяет проводить своевременную и качественную культивацию в перекрестных направлениях высокопроизводительными тракторными агрегатами.

Временные оросители должны быть прямолинейны, параллельны между собой и по возможности параллельны сторонам участка. Во всех случаях временные оросители и выводные борозды должны иметь только прямой продольный уклон и командовать над орошаемой площадью, поэтому их располагают по повышенным точкам поверхности поливных участков.

Длина временных оросителей при поперечной схеме их расположения равна ширине поливного участка и принимается от 400—600 до 800—1000 м в зависимости от уклона оросителя, расхода воды и проницаемости почвы. При сложных условиях рельефа и сильной водопроницаемости почвогрунта длина оросителей может быть уменьшена до 400 м. При поперечной схеме расположения оросителей выводные борозды не нарезают, чем в 1,5—2 раза сокращается длина временной сети. При продольной схеме расположения временных оросителей их длина принимается в пределах 400—800 м для культур, требующих междурядных обработок, и до 1200 м для культур узкорядного сева и трав.

Расстояние между временными оросителями при поперечной схеме их расположения равно длине полос или борозд, при продольном их расположении и орошении культур, не требующих междурядных обработок, его принимают в пределах 70—200 м,

а при орошении культур, требующих междурядных обработок, определяют на условия работы оросителя одни сутки по формуле:

$$B_1 = \frac{864 \cdot Q_{в.о} \cdot \eta}{m \cdot l} \cdot 10^3 \text{ м}, \quad (1-55)$$

где  $Q_{в.о}$  — расход временного оросителя, л/сек;  
 $m$  — наибольшая поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  
 $l$  — длина оросителя, м;  
 $\eta$  — к. п.д. временного оросителя.

Продолжительность работы временного оросителя при длине полос и борозд более 100 м допускается до двух суток.

Форма, длина и ширина поливных участков, а также расположение оросителей должны обеспечить нормальную длину гона машин не менее 400 м при пахоте, посеве, обработке и уборке культур. Меньшая длина гона допускается в особо трудных условиях, а также на участках небольшого размера.

**Поперечные размеры временных оросителей.** Расход временного оросителя определяют по формуле:

$$Q_{в.о} = \frac{m B_1 l}{10^3 \cdot 864 t} \text{ л/сек.} \quad (1-56)$$

Этот расход должен быть кратным расходу участкового распределителя, то есть:

$$Q_{у.р} = n Q_{в.о}, \quad (1-57)$$

где  $n$  — число оросителей, одновременно питающихся из участкового распределителя.

При поливе дождеванием временный ороситель рассчитывают на пропуск расхода дождевальной машины с учетом потерь воды в оросителе.

Пропускную способность оросителей обычно стандартизируют и расходы их принимают с округлением до большей величины: 20—40—60—80—100 л/сек. Временные оросители с расходом до 30—40 л/сек переходимы для сельскохозяйственных машин и тракторов. В том случае, когда проезд через временные оросители не требуется, их расход может быть увеличен до 60—100 л/сек и более (полив трав, зерновых, колосовых культур, влагозарядковые поливы). Для повышения производительности труда поливальщика расход временных оросителей следует принимать максимально допустимым из условий его неразмываемости.

Временные оросители делают канавокопателями в полувыемке-полунасыпи трапециального сечения с одиночными откосами, шириной по дну 0,2—0,7 м в зависимости от марки канавокопателя (рис. 23). Уровень воды в оросителях должен быть выше орошаемой поверхности при больших уклонах на 5 см, при средних — на 10 и при малых — на 15 см.

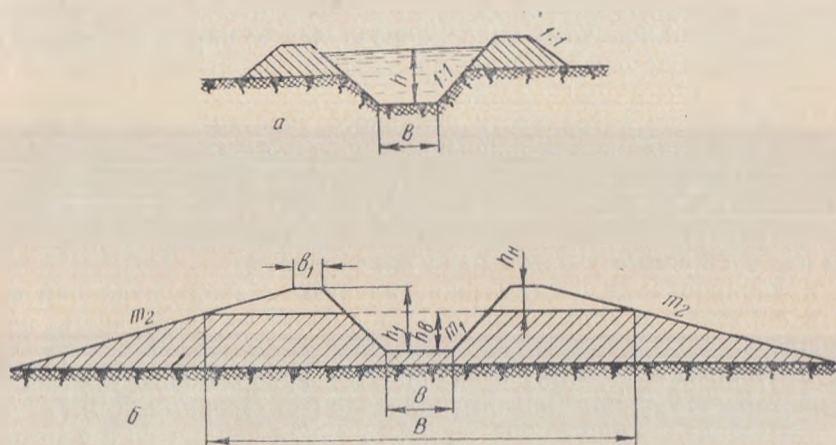


Рис. 23. Поперечное сечение временного оросителя:  
*a* — в полувыемке-полунасыпи; *б* — в насыпи (в подушке)

Зная расход воды и уклон оросителя, его ширину по дну  $b$  и глубину наполнения  $h$  определяют гидравлическим расчетом или по таблице 19. Скорость течения воды в оросителях должна быть менее 0,5—0,6 л/сек. Для увеличения пропускной способности оросителей и улучшения условий переезда через них тракторов ширину по дну оросителей принимают 0,7 м или же их выполняют в виде широких, но неглубоких засеваемых ложбин. Иногда устраивают рядом два параллельных переходимых оросителя.

ТАБЛИЦА 19

Стандартные размеры сечения (в см) и расходы временных оросителей

Уклон	Расход воды, л/сек							
	20		40		60		80	
	$b$	$h$	$b$	$h$	$b$	$h$	$b$	$h$
< 0,001	30	30	50	30	50	35	50	40
0,001—0,003	30	25	40	30	50	30	50	35
0,003—0,005	30	20	40	25	50	25	50	30
0,005—0,007	30	20	—	—	—	—	—	—

#### § 14. Подготовка поверхности поливных участков к поливу

Подготовка поверхности поля к поливу складывается из: единовременной строительной планировки поверхности участка; периодического эксплуатационного выравнивания поверхности



поля; поделки поливных полос, борозд, чеков; нарезки выводных и распределительных борозд, временных оросителей, поделки и установки арматуры на сети.

**Планировка поверхности поливного участка.** При поверхностном поливе на невыровненном участке увлажнение почвы происходит неравномерно. Вода стекает в понижения, застаивается в них и не выходит на повышения. Образуются вымочки и посушки; урожай получается неравномерным. Во избежание этого все орошаемые участки надо планировать.

Планировка делится на капитальную и эксплуатационную.

Капитальную планировку выполняют в следующем порядке.

1. Производят съемку вспаханного и прикатанного участка в масштабе 1 : 200 с разбивкой квадратов со сторонами 20 м.

2. На плане пишут отметки всех вершин квадратов и составляют проект планировки в соответствии с требованиями техники полива, характером рельефа и типом почв.

Для запроектированной поверхности определяют высоту насыпи  $h_n$  и глубину срезки  $h_{cp}$  во всех вершинах квадратов и определяют объем планировки  $V$  по формуле:

$$V = \frac{\omega}{2n} (\Sigma h_{cp} + \Sigma h_n) m^3, \quad (I-58)$$

где  $\omega$  — площадь участка,  $m^2$ ;

$n$  — число точек, по которым производится подсчет. Точки со срезкой и насыпкой менее  $\pm 5$  см исключают;

$\Sigma h_{cp}$  — сумма глубин срезки, м;

$\Sigma h_n$  — сумма всех высот насыпи, м.

Объем срезов намечают так, чтобы он был равен объему подсыпок при наименьшей длине возки грунта. Объем планировочных работ составляет около 100—500  $m^3/га$  и больше. Глубину срезки принимают в зависимости от мощности почвенного горизонта  $A$  с таким расчетом, чтобы не обнажить малоплодородные и засоленные горизонты.

3. Проект планировки переносят в натуру. На каждой вершине квадрата забивают колышек и пишут на нем высоту насыпи (+) или глубину срезки (—). Контуры площади со срезкой грунта и площади с насыпкой опахивают. Площади с величиной срезки или насыпи менее 5 см не планируют.

4. С помощью скреперов Д-147, Д-183Б, грейдеров Д-20А, бульдозеров Д-159Б, Д-149, Д-216 и других машин срезают все бугры и засыпают этой землей все понижения, в том числе и все резервы у оросительных каналов с постоянной инструментальной корректировкой и проверкой.

5. Длиннобазовыми планировщиками (рис. 24) выравнивают спланированный участок и придают ему запроектированную поверхность.

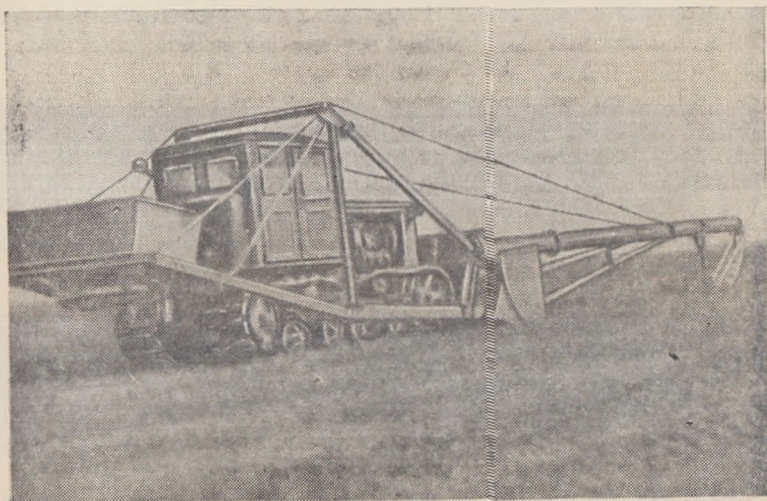


Рис. 24. Длиннобазовый планировщик ПДН-10.

Допустимая точность работ  $\pm 5$  см. Осадка насыпных участков составляет около 20—25%.

Эксплуатационная планировка производится периодически для подготовки поля к поливу с помощью тракторных волокуш, планеров, длиннобазовых планировщиков. Планировку производят летом в паровом поле, или после уборки урожая, или весной до посева поздних культур.

**Устройство и заравнивание временных оросителей.** Трассировку временных оросителей (разбивку их осей на местности) производят перед строительной планировкой. Если строительная планировка не производится, то временные оросители и выводные борозды трассируют перед их нарезкой. В первые годы орошения места для выводных борозд и временных оросителей выбирают с помощью нивелира, а в последующие годы их нарезают по старым трассам. Трассы обозначают в натуре колышками, кучками почвенных глыб, кучками удобрения белого цвета (суперфосфат), проходом конного окучника и т. д.

Выводные борозды и временные оросители необходимо трассировать так, чтобы они имели правильный уклон и располагались на повышенных местах участка в соответствии с запроектированной схемой их расположения, техникой полива, рельефом и сельскохозяйственной культурой, которая будет поливаться.

На поливных площадях с малыми уклонами (0,002 и меньше) и при сложном рельефе, где не обеспечивается естественный

продольный уклон временных оросителей и командование воды в нем над поверхностью, насыпают земляные подушки высотой не больше 0,1—0,2 м с откосами не круче 1 : 4 и шириной в соответствии с размерами временного оросителя (рис. 23,б). Уклоны и высоту подушек при насыпи проверяют нивелиром. Подушки насыпают одновременно со строительной планировкой поливного участка без образования резервов или специально при планировке трасс.

Выводные борозды и временные оросители нарезают: 1) вслед за посевом зерновых культур и трав, до прорастания семян, чтобы валики заросли культурой; 2) перед первым поливом после нарезки поливных борозд; 3) перед каждым очередным поливом, если они частично разрушились в процессе предыдущих поливов и культивации.

Заравнивают выводные борозды и временные оросители в следующих случаях: 1) после последнего вегетационного полива во всех случаях, исключая поля, занятые многолетними травами; 2) перед культивацией, если оросители затрудняют проход тракторов; 3) после влагозарядкового полива и промывки засоленных земель; 4) перед уборкой риса.

Нарезают и заравнивают выводные борозды и временные оросители канавокопателями следующих марок: КПН, УКП, КПУ-2000А, КЗУ-0,3, КОР-500 на тяге тракторов СТЗ-НАТИ, ДТ-54, КД-35, С-80 и др. (рис. 25).

На участках со сложным микрорельефом трассы временных оросителей предварительно планируют, оросители нарезают за два прохода канавокопателя. При втором проходе канал очищают, дамбы уплотняют и подсыпают. Это позволяет выше поднять уровень воды в оросителе и улучшить условия командования.

На нарезку временных оросителей канавокопателем за два прохода затрачивается 0,1—0,2 тракторо-часа на 1 га; на засыпку за два прохода — 0,1 тракторо-часа на 1 га и на сопряжение временных оросителей с водовыпусками вручную 0,2—0,3 человеко-дня на 1 га.

Канавокопатели УКП и КПН нарезают канал малого сечения на пропуск от 10 до 30 л/сек, канавокопатели КПУ-2000А и КОР-500 нарезают каналы больших размеров на пропуск от 60 до 150 л/сек.

Для заравнивания оросителей на универсальную раму КПУ-2000А, КОР-500 и других канавокопателей монтируют два отвала под углом друг к другу, которые сгребают валики и сыпают их в канал. Такой палоделатель (валикоделатель или заравнитель) используют также для насыпи валиков при орошении риса. К универсальным канавопалоделателям придают также скрепер, который используется для планировки трасс временных оросителей и разравнивания валиков.



Рис. 25. Нарезка (а) и заравнивание (б) временного оросителя канавокопателем КПУ-2000А.

## § 15. Арматура на временной оросительной сети

Арматурой на временной оросительной сети называется комплекс гидротехнических сооружений, оборудования и приборов, обеспечивающих правильную работу сети.

В состав арматуры входят: водовыпуски, сифоны, глухие и транзитные подпорные щиты, брезентовые перемычки, поливные трубки, щитки, поливные доски и водосливы.

**Водовыпуски и сифоны.** Через водовыпуски выпускают воду из участковых распределителей во временные оросители. Водовыпуски могут быть постоянными и переносными. Постоянные водовыпуски устраивают в виде открытых шлюзов (желобов) из досок, кирпича, бетона с затвором (щитком) и в виде деревянных, асбестоцементных и других труб с затвором (заглушкой). Их устанавливают в борту участкового распределителя (в голове временного оросителя) на пропуск от 30 до 100 л/сек и более

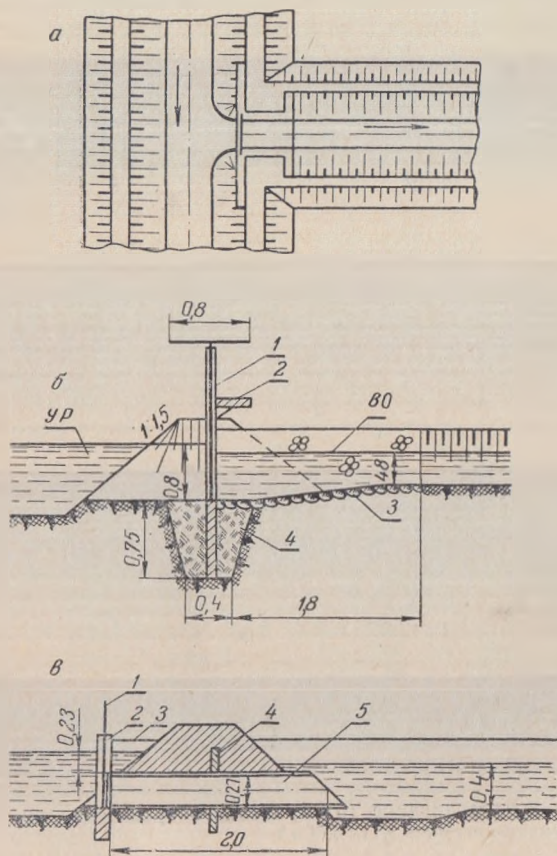


Рис. 26. Водовыпуски во временный ороситель:

*a* — бетонный шлюз-регулятор; *б* — шлюз-регулятор из сборного железобетона (разрез по оси); 1 — щит с винтовым подъемником; 2 — мостик; 3 — каменное крепление канала; 4 — замок; *в* — трубчатый водовыпуск на расход до 80 л/сек (разрез по оси). 1 — щит; 2 — стоек для щита; 3 — мостик; 4 — противофильтрационная диафрагма; 5 — труба.

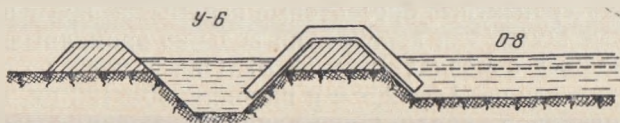


Рис. 27. Сифонный водовыпуск на расход до 100 л/сек для подачи воды во временный ороситель.

(рис. 26). В настоящее время проектируют и строят сборные водовыпуски из стандартных железобетонных деталей, изготовляемых на заводах.

Переносные водовыпуски устраивают в виде сифонов из пластмасс, реже из листовой стали на расход до 80—100 л/сек (рис. 27). Сифоны легко заряжают в работу с помощью вакуум-насоса. Они позволяют наилучшим образом подать воду из участкового распределителя во временные оросители, а на участковом распределителе в этом случае возможно механизировать скашивание травы, рыхление, прикатывание грунта и другие мероприятия по борьбе с потерями воды на фильтрацию.

**Подпорные щиты.** Подпорные переносные щиты могут быть глухими и транзитными. Глухие щиты делают трапециевидной формы из 1,5-мм листовой стали (рис. 28, а). Глухие щиты применяют при полном перекрытии водного потока во временных оросителях и выводных бороздах для подъема уровня воды и направления ее на поливные полосы или в борозды.

Транзитные подпорные переносные щиты делают тоже из листовой стали, но для пропуска транзитного расхода воды в щите вырезают отверстие диаметром около 150—200 мм. Через это отверстие вода вытекает в брезентовый рукав длиной 70—90 см, который прикреплен болтами к щиту. Для регулирования транзитного расхода сечение рукава может изменяться при помощи шнура. Для полного перекрытия транзитного потока рукав укладывают на верх щита. Транзитные подпорные щиты устанавливают в случаях, когда из временного оросителя вода подается одновременно в несколько выводных борозд.

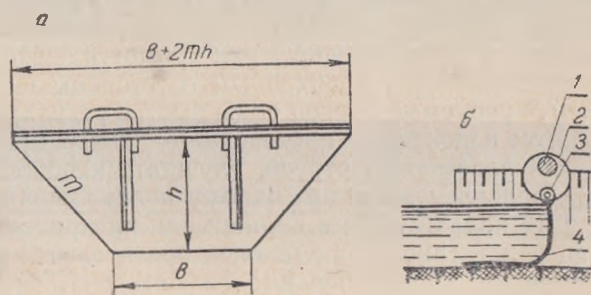


Рис. 28. Переносные подпорные щиты:

а — из листового железа толщиной 1,5 мм; б — из брезента (брезентовая перемычка): 1 — шест; 2 — кольцо; 3 — проволока; 4 — брезентовое полотно.

Глухие и транзитные брезентовые перемычки применяют, как и подпорные щиты, для перекрытия воды во временных оросителях и выводных бороздах (рис. 28, б). Они состоят из брезентового полотна длиной 1,5—2,5 м и шириной 90—120 см, в зависимости от размеров канала. Одну длинную сторону брезента закрепляют за деревянный шест диаметром 6—8 см, длиной 2—3 м. Для перекрытия воды в канале поливальщик берет перемычку за шест, опускает второй конец ее в воду, брезент быстро прижимается водой ко дну и стенкам канала, затем опускает шест на дамбы оросителя. Так, один поливальщик легко перекрывает расход 100 л/сек и более. Сечение временного оросителя не деформируется. Каждый поливальщик должен иметь 2—3 щита или 2—3 брезентовые перемычки.

**Поливные трубки, щитки, сифоны, доски.** Во многих хозяйствах подача воды в поливные борозды и на полосы все еще осуществляется без каких-либо специальных устройств. Лопатой прокапывают прорези-бороздки в валиках временных оросителей и выводных борозд. Вода через эти прорези течет в поливные борозды. Прорези размываются, расход воды в борозду поступает непостоянный, почва увлажняется неравномерно. Поделка и заделка этих прорезей трудоемка, число одновременно поливаемых борозд невелико. В некоторых хозяйствах земляные прорези закрепляют дерном, который при поливе не размывается, но эта работа также трудоемка.

Производительность труда и качество поливов значительно повышаются при применении трубок, сифонов, щитков с отверстиями.

Поливные трубки (металлические, гончарные) длиной 35—45 см, диаметром 3—5 см, а также камышовые трубочки устанавливают в дамбе выводной борозды против каждой поливной борозды так, чтобы в нее подавался требуемый расход (рис. 29, а).

Распределять воду в поливные борозды можно с помощью щитков с отверстиями, изготовленных из листовой стали. Щитки устанавливают в каждую поливную борозду, они очень удобны в эксплуатации (рис. 29, б). Для регулирования расхода воды, подаваемого из выводной борозды в распределительные, в борту выводной борозды (в прорезях) устанавливают поливные щитки с трапецеидальным или прямоугольным вырезом и фартуком из ткани, прикрепленным со стороны нижнего бьефа (рис. 29, в). Требуемый расход воды быстро регулируется напором над порогом водослива. Применение поливных щитков позволяет поливать переменной струей, улучшать качество полива и управлять большим расходом одному поливальщику (80—120 л/сек).

Для подачи воды в поливные и распределительные борозды непосредственно из временных оросителей и выводных борозд применяют полиэтиленовые сифоны диаметром 20, 25, 32, 40,

50 мм, длиной 1,3 м с расходом 0,2—2 л/сек. Вес одного сифона равен 100—350 г. На гектар их требуется 15—25 шт. Срок службы не менее пяти лет. Поливальщик легко переносит запас сифонов для питания ста борозд. Сифоны также делают из листовой стали, резиновых и гофрированных шлангов.

Применение поливных трубок, щитков и сифонов повышает производительность труда в три раза и более и улучшает качество полива.

При поливе по полосам на невыровненных участках для затопления водой всей полосы приходится поперек поливных полос насыпать лопатой валики или устанавливать поливные доски. Деревянные доски плохо очищаются от налипшей почвы, в сухую почву они не врезаются и поэтому неудобны в работе. Лучше эти доски делать из листовой стали толщиной 1,5 мм, высотой 20 см и длиной 1,60 м с ручками из круглой стали диаметром 8—10 мм, длиной 45—50 см. Такие доски удобно переносить, очищать от почвы и легко устанавливать поперек полосы, создавая подпор воды (рис. 29, г).

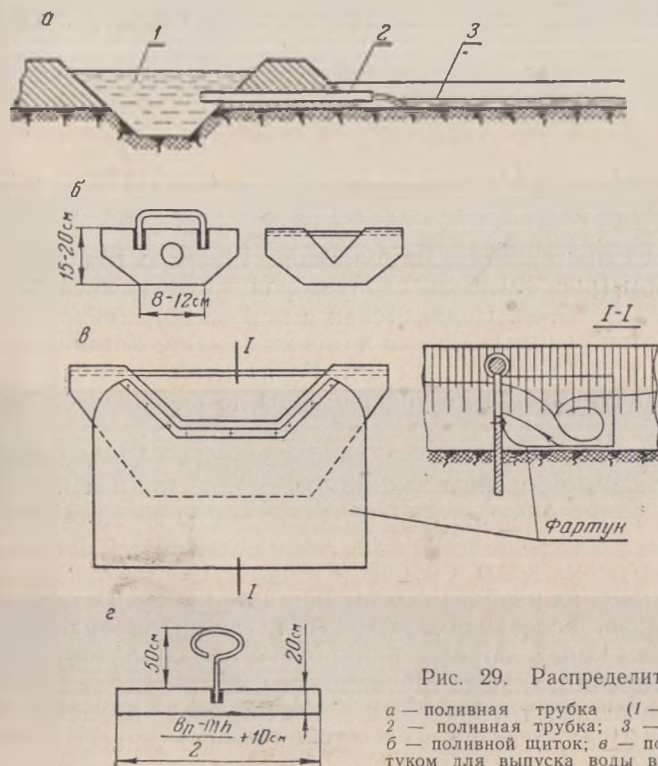


Рис. 29. Распределительная арматура:

- а — поливная трубка (1 — выводная борозда;
- 2 — поливная трубка; 3 — поливная борозда);
- б — поливной щиток; в — поливной щиток с фартуком для выпуска воды в полосы и распределительные борозды; г — поливная доска.



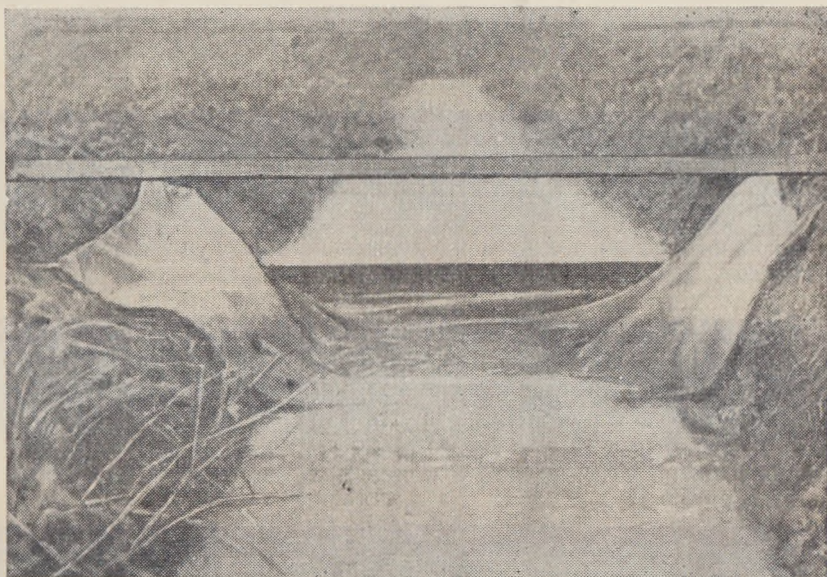


Рис. 30. Переносный трапецидальный водослив с фартуком.

Для измерения расхода воды во временных оросителях и выводных бороздах применяют переносные водосливы с фартуками.

Делают их из листовой стали толщиной 1,5 мм с трапецидальным вырезом (рис. 30). С низовой стороны к щиту крепится ткань шириной 70—90 см. Вода, стекая с порога водослива, падает на брезент и не размывает дно и стенки канала. Устанавливается он так же, как и подпорный щит. Горизонтальное положение порога устанавливается по уровню воды до перелива ее через порог.

**Транспортирующие и поливные трубопроводы.** Временные оросители и выводные борозды занимают 2—4% площади поля, теряют воду на фильтрацию, стесняют механизацию посадки рассады овощных и технических культур, не обеспечивают равномерного распределения воды в борозды и полосы через прорези. Перед культивацией их необходимо заравнивать, а перед очередным поливом вновь восстанавливать. Для замены временных оросителей и выводных борозд применяют сборно-разборные транспортирующие и поливные трубопроводы.

Транспортирующий трубопровод, заменяющий временные оросители (рис. 31, а), состоит из стальных тонкостенных труб длиной 5 м, диаметром 180, 250, 300 мм. Трубы могут соединять-

ся под углом  $10-15^\circ$  во всех направлениях и рассчитаны на давление  $10 \text{ ат}$ . При расходе воды в трубопроводе  $Q \text{ м}^3/\text{сек}$ , диаметре  $d=250 \text{ мм}$  и длине  $L \text{ м}$  потери напора составляют  $H=2,02Q^2L \text{ м}$ . Вместо выводных борозд применяют переносной поливной трубопровод, который одновременно заменяет также поливные трубки, щитки и сифоны. Этот трубопровод состоит из тонкостенных стальных труб (рис. 31, б) длиной  $4 \text{ м}$  и диаметром  $300-400 \text{ мм}$ . В стенке трубы через  $45-70 \text{ см}$  сделаны отверстия диаметром  $15-30 \text{ мм}$ , закрываемые задвижками. Вода из временного оросителя или из транспортирующего трубопровода поступает в переносный трубопровод, из которого через отверстия выливается на полосы или борозды. Возможность регулирования задвижками расхода воды, вытекающей на полосы и в борозды из отверстий трубопровода, позволяет производить полив переменной струей.

Применяют также поливное устройство из гибких трубопроводов, которые изготавливают из пластифицированной ткани. При

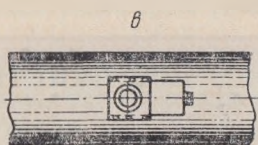
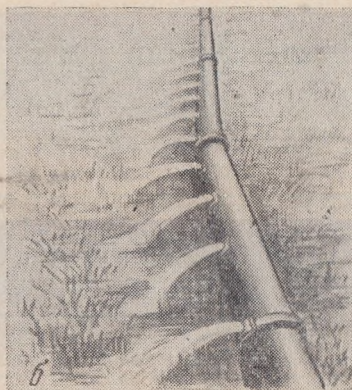
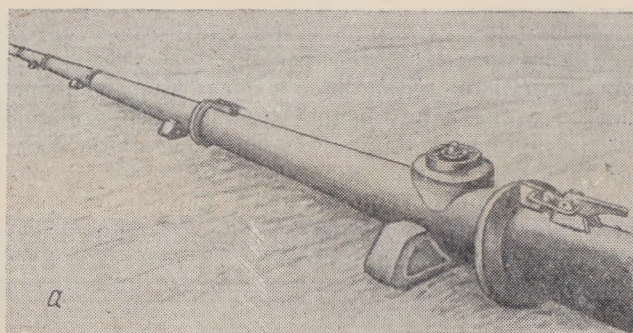


Рис. 31. Транспортирующий трубопровод (а) и поливной трубопровод (б) с задвижкой (в).

укладке трубопровода на поле для полива он сматывается с катушки, а при окончании полива снова наматывается на нее трактором. Наилучший уклон для работы трубопровода 0,002—0,004. Вода в трубопровод поступает при помощи насадок или сифонов самотеком. Средняя скорость воды в трубопроводе должна быть не меньше 0,7—0,8 м/сек. Вода должна быть осветленной.

При равномерной раздаче воды по длине трубопровода пьезометрический напор по всей длине должен быть постоянным. При расчетном расходе  $Q$ , длине  $l$ , сечении  $\omega$  и скорости воды в нем  $v$  потери напора по длине:

$$H = Q^2 \left( \frac{l}{3\omega^2 C^2 R} - \frac{1,1Q^2}{2gv^2} \right) \text{ м.} \quad (1-59)$$

Из этого уравнения могут быть определены  $l$  и  $Q$  и другие элементы гидравлического расчета. Для гибких трубопроводов значения коэффициента сопротивления  $\lambda$  в формуле  $h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$  равны: при  $v < 1$  м/сек  $\lambda = 0,022 \div 0,024$ , при  $v > 1$  м/сек  $\lambda = 0,025 \div 0,030$ . Средняя величина пьезометрического напора должна поддерживаться около 1—1,5 диаметра труб. При большом напоре почва размывается струей воды, вытекающей из отверстий, а при меньшем напоре расход струй из отверстий неравномерен по длине. Применение поливных трубопроводов позволяет механизировать полив, улучшить условия культивации междурядий и поднять производительность поливального до 3—5 га в смену. Поливные трубопроводы особенно целесообразно применять в следующих случаях: 1) при квадратно-гнездовых способах посева; 2) при поливе неровных участков; 3) на участках с легкими или просадочными почвами; 4) на участках с близким залеганием грунтовых вод.

## ГЛАВА 5

### ПОСТОЯННАЯ ОРОСИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ

#### § 16. Расположение оросительных каналов

**Общие положения.** Оросительная система должна обеспечить своевременную и в требуемых размерах подачу воды на орошаемую площадь, чтобы поддерживать экономически наиболее оптимальный водно-воздушный, солевой и питательный режим почвы для непрерывного повышения ее плодородия.

Оросительные системы, создаваемые в сложных почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условиях (при засоленных почвах и высоком уровне минерализованных грунтовых вод),

нужно проектировать и строить с двусторонним регулированием водного режима почвы — они должны подавать недостающую воду и отводить избыточную.

Оросительную сеть проектируют трех типов: а) в земляном русле с одеждой или без нее — открытая сеть; б) в лотках различного очертания — лотковая сеть; в) в трубах — трубчатая (закрытая) сеть. Тип сети выбирают на основе технико-экономических расчетов с учетом природных и хозяйственных условий.

Оросительную сеть располагают в плане, увязывая ее с организацией орошаемой территории, рельефом местности, почвенно-мелиоративными условиями, с инженерными коммуникациями и хозяйственными центрами.

Организация орошаемой территории, в свою очередь, зависит от местных природных и экономических условий, от специализации хозяйства, севооборота и разбивки его полей, от обеспеченности рабочей силой и средствами механизации, от расположения магистрального и распределительных каналов.

Основой увязки оросительной сети с организацией орошаемой площади является севооборот. Площади полей севооборота должны быть равновеликими, так как это позволяет равномерно использовать рабочую силу и машины. Отклонение от средней площади поля допускается до 10%. Каждое поле севооборота должно иметь удобную форму и достаточные размеры для механизации работ, быть максимально однородным по почвенно-мелиоративным и гидротехническим условиям.

Бригадные участки располагают компактно, одинаковыми по площади, чтобы иметь постоянный состав бригад по годам ротации севооборота.

Границы землепользования, бригадных и севооборотных участков проектируют по возможности прямолинейными, совмещая их с каналами, шоссевыми и железными дорогами, линиями электропередач, трубопроводами, а также учитывают естественные границы; реки, овраги и т. п.

Участки, ограниченные постоянными каналами, водоводами, лесными полосами и дорогами, являются участками обработки. Они должны иметь прямоугольную форму с шириной и длиной не менее 0,5 км.

При орошении из закрытой сети участок обработки является и поливным участком.

Размеры и расположение севооборотных участков и участков обработки определяют с учетом техники полива, организации труда в хозяйстве, принятых схем севооборотов.

**Требования, предъявляемые к расположению каналов.** К постоянной оросительной сети относятся магистральный канал и распределители различных порядков и назначения. По постоянным каналам вода течет от источника орошения до поливных

участков, а по временным распределяется внутри поливных участков.

На расположение каналов влияют рельеф, почвы, гидрогеология, организация орошаемой территории, способы полива, поэтому проектирование каждой оросительной системы ведется индивидуально, при этом расположение проводящих каналов должно удовлетворять следующим общим требованиям.

1. Каналы должны проводить воду для поливов согласно расчетным графикам водопотребления и принятой схеме водораспределения.

2. Старшие каналы должны командовать над младшими, а младшие — над орошаемой площадью. Желательно, чтобы каналы располагались по водоразделам и командовали в две стороны.

3. Сечение каналов должно быть устойчивым, то есть они не должны размываться, заиляться и деформироваться.

4. Протяженность каналов и фильтрация воды из них должны быть минимальными. Коэффициенты полезного действия каналов и использования орошаемых земель должны быть максимальными.

5. Каналы должны располагаться по границам поливных участков, полей севооборота, бригадных участков, по границам землепользования хозяйств в соответствии с рельефом и почвенно-мелиоративными условиями и должны обеспечивать эффективное применение проектируемых способов полива и создавать условия для высокопроизводительного использования сельскохозяйственных машин.

Каждое хозяйство должно иметь, как правило, 1—2 отвода из межхозяйственных распределителей с отдельным учетом воды. Каждый севооборотный участок должен получать воду независимо от других севооборотных участков этого же хозяйства. На усадьбы и приусадебные земли вода подается приусадебным распределителем. Соблюдение этого правила не должно вызывать ненужного параллелизма каналов.

6. Количество сооружений по переходу дорог, оврагов, по сопряжению бьефов, по регулированию расходов, горизонтов и скоростей воды должно быть минимальным. Однако они должны обеспечивать отдельный учет воды, подаваемой в хозяйстве на поля севооборота, и требуемый режим работы каналов.

7. Строительство каналов и сооружений на них должно быть механизировано.

8. Затраты труда, средств и материалов на строительство и эксплуатацию оросительной системы должны быть минимальными.

Оросительную сеть нужно проектировать так, чтобы водные ресурсы использовались наиболее целесообразно, комплексно,

го есть чтобы орошалась максимальная площадь наиболее плодородных земель, энергия воды использовалась гидроэлектростанциями, развивались судоходство, рыбоводство, водоснабжение.

Чем больше площадь оросительной системы и чем сложнее рельеф, тем сложнее оросительная и водосборно-сбросная сеть, тем больше сооружений на сети.

Расположение холостой части магистрального канала. На орошаемый массив вода может подаваться из водоисточника самотеком или с помощью механического водоподъема. При самотечной подаче воды водозабор может быть плотинный и бесплотинный (рис. 32). При самотечном водозаборе вода из реки (водохранилища) поступает через головной шлюз-регулятор в холостую часть магистрального канала, по которому транспортируется к орошаемому массиву. При механическом водоподъеме вода подается по трубам.

Расположение и длина холостой части магистрального канала зависит от уклонов местности и магистрального канала, от превышения горизонта воды в водоисточнике у водозабора над поверхностью земли, на которую требуется вывести воду.

Холостая часть магистрального канала трассируется на плане в масштабе 1:25 000 или 1:10 000 с сечением горизонталей через 1,0 или 0,5 м с расчетным уклоном  $i = \frac{v_{расч}^2}{C^2 R}$ . Расчетная скорость принимается меньше размывающей и больше заиляющей, с учетом наименьшей стоимости работ и наибольшего коман-

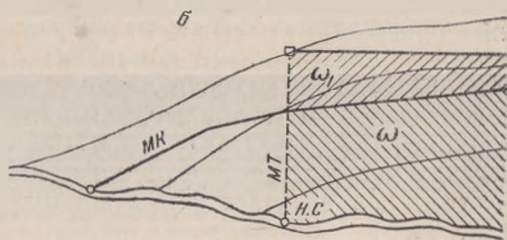
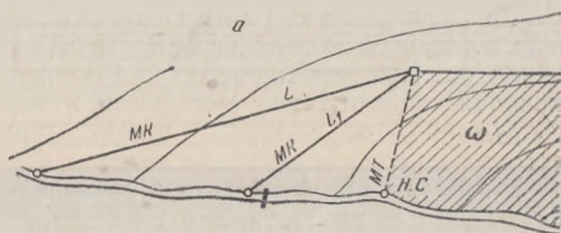


Рис. 32. Схемы расположения магистрального канала на террасах и поймах речной долины:

а — бесплотинный, плотинный водозабор и забор воды насосной станцией; б — бесплотинный водозабор для орошения площади  $\omega_1$  и забор воды насосной станцией для орошения площади  $\omega_2$ .

дования, обычно с уклоном в пределах 0,0002—0,0007, чаще 0,0005. Чем меньше будет принят уклон, тем короче будет длина МК. Иногда минимальный уклон не дает экономического решения, так как поперечное сечение получается слишком большим и значительно увеличивает объем земляных работ. Поэтому устанавливают наивыгоднейший уклон, при котором не было бы заиления и стоимость строительства МК была бы наименьшей.

При трассировке канала на плане могут возникнуть две задачи:

1. Задана командная точка, к которой требуется самотеком подвести воду из реки. Необходимо установить длину холостой части магистрального канала и место водозабора. В этом случае трассировку канала ведут от командной точки к реке.

2. Задано место водозабора. Необходимо определить длину холостой части магистрального канала и установить верхнюю границу подкомандной площади. В этом случае канал трассируют от водозабора к проектируемому орошаемому массиву. Для этого от исходной точки между соседними горизонталями откладывают отрезки (в масштабе плана), соответствующие расчетному уклону. Например, канал с уклоном 0,0005 на плане в масштабе 1:10000 с сечением горизонталей через 0,5 м трассируют так. Сначала определяют длину канала между горизонталями

$$L = \frac{h}{I} = \frac{0,5}{0,0005} = 1000 \text{ м, что в масштабе плана составит отрезок } 10 \text{ см, а затем этот отрезок циркулем откладывают между соседними горизонталями, последовательно переходя от одной горизонтали к другой. Таким образом наносится вся трасса канала с расчетным уклоном (рис. 33).}$$

Трассировка рабочей части магистрального канала и межхозяйственной сети. Магистральный канал должен командовать над всей орошаемой площадью, начиная от конца холостой части и кончая последним узлом сооружений, от которого строят лишь распределительную сеть.

В зависимости от характера рельефа можно наметить три основных схемы расположения магистрального канала и межхозяйственной сети.

1. Магистральный канал трассируют по направлению горизонталей (поперек уклона) с расчетным уклоном по верхней границе орошаемого массива. Распределители первого порядка проектируют двустороннего командования по наибольшему уклону (рис. 34, а). При наличии ложбин, повышений, второстепенных водоразделов магистральный канал проектируют по тем же принципам, но он теряет свою прямолинейность. Распределительные каналы трассируют с допускаемым уклоном по гребням местных водоразделов, они и командуют над обоими склонами (рис. 34, б).

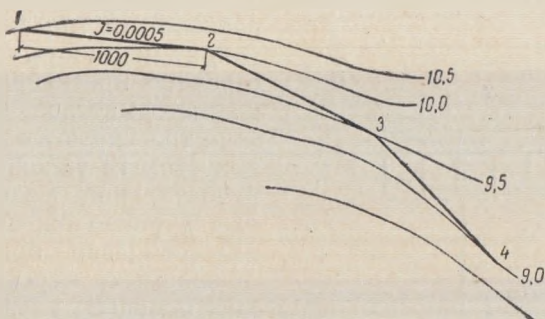


Рис. 33. Схема трассировки канала.

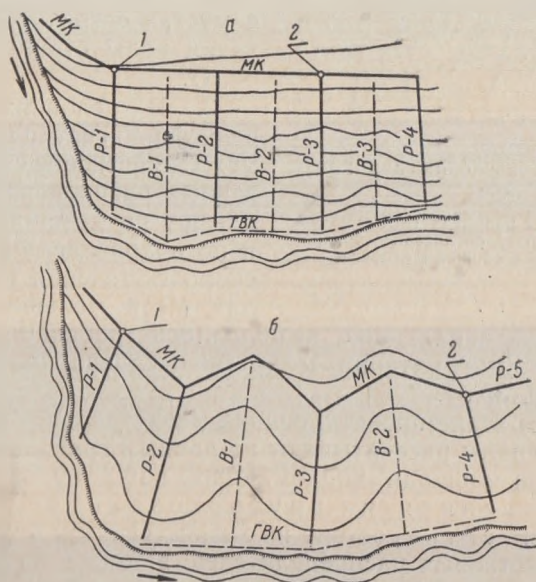


Рис. 34. Схема расположения магистрального канала и межхозяйственной сети:

*а* — при спокойном рельефе; *б* — при наличии ложбин и повышений; 1 — конец холостой части магистрального канала; 2 — конец магистрального канала.



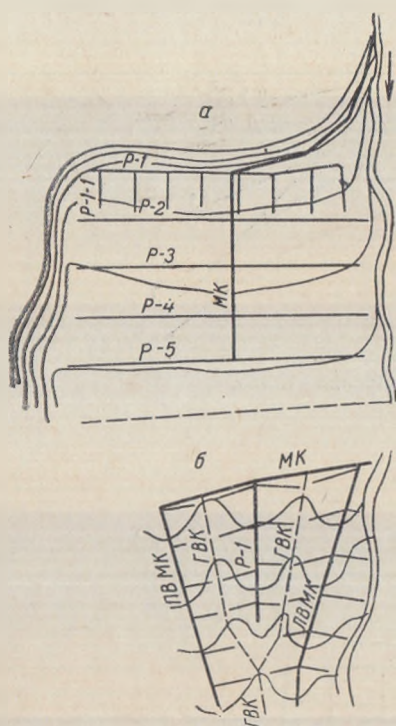


Рис. 35. Схема расположения каналов:

а — на предгорных равнинах (МК — по уклону, старшие распределители — поперек уклона); б — на сложном рельефе.

2. Магистральный канал располагают по наибольшему уклону местности, примерно по середине проектируемого орошаемого массива. Распределители трассируют с минимально допустимым уклоном вдоль горизонтальной местности. Эту схему расположения каналов целесообразно применять на орошаемых массивах, имеющих большую длину вдоль уклона и незначительную ширину. В этом случае перепады проектируют только на магистральном канале, тогда как в первой схеме их приходится проектировать на всех распределителях первого порядка. При значительных расходах воды в магистральном канале в местах сосредоточенного падения воды строят ГЭС (рис. 35, а).

3. В условиях сложного рельефа магистральный канал, межхозяйственные и хозяйственные распределители располагают по командным точкам и по водоразделам так, чтобы скорости течения воды в каналах были меньше размывающих

и больше заиляющих, выполнялись требования организации орошаемой территории и другие условия проектирования каналов (рис. 35, б).

На первом этапе проектирования магистральный и распределительные каналы рассчитывают по данным графика гидромодуля культур на площади, подкомандной каждому каналу.

Хозяйственная и внутрихозяйственная оросительная сеть состоит из хозяйственных, внутрихозяйственных и участковых распределителей, а также временной оросительной и поливной сети.

Постоянные каналы распределяют воду по площади хозяйства; их проектируют на планах в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5000 с сечением горизонталей через 0,5 м, когда известны площади, состав культур севооборотов, режим орошения и техника полива всех культур.

Сеть начинают проектировать с нанесения на план границ хозяйств и определения валовой и пригодной под орошение площади. Затем намечают трассы хозяйственных и внутрихозяйственных распределителей по самым высоким точкам рельефа с одновременным нанесением границ севооборотов.

Границы севооборотов намечают так, чтобы они совпадали со старшими каналами, дорогами, населенными пунктами, с естественными границами, учитывая гидрологические условия и удобства эксплуатации системы. После нанесения границ хозяйств и ориентировочных границ севооборотных участков, трассировки хозяйственных и внутрихозяйственных распределителей приступают к разбивке на плане полей севооборота и поливных участков в пределах каждого севооборота.

## § 17. Номенклатура каналов и орошаемых площадей

**Оросительная сеть.** На планах и других проектных материалах приняты следующие сокращенные обозначения:

- 1) магистральный канал — МК;
- 2) ветви магистрального канала — правая ПВ МК; левая — ЛВ МК;
- 3) распределители первого порядка — Р-1, Р-2, Р-3 и т. д. Цифры показывают последовательность расположения распределителей, считая от головы старшего канала;
- 4) распределители второго, третьего и т. д. порядка: Р-1-1, Р-1-2, Р-1-3, и т. д. Р-1-1-1, Р-1-1-2 и т. д. Последняя цифра указывает последовательность расположения от головы старшего канала, а все предыдущие знаки обозначают старший канал;
- 5) хозяйственный распределитель — 1Х-1, 1Х-2, 1Х-3 и т. д.; 2Х-1, 2Х-2, 2Х-3 и т. д. Первая цифра означает номер хозяйства по экспликации, буква Х показывает, что распределитель обслуживает только одно хозяйство, а вторая цифра является номером распределителя в данном хозяйстве;
- 6) внутрихозяйственные распределители различных порядков (если они не являются участковыми распределителями) — 1Х-1-1, 1Х-1-2, 1Х-1-3 и т. д.; 2Х-1-1, 2Х-1-2 и т. д.; 2Х-1-1-1, 2Х-1-1-2 и т. д.
- 7) участковые распределители — У-1, У-2, У-3 и т. д.;
- 8) временные оросители — О-1, О-2, О-3 и т. д. Цифра означает номер оросителя в данном хозяйстве.

Если оросительный канал выполнен в виде лотка или трубопровода, то к его основному буквенному обозначению добавляется соответственно «Л» или «Т»; РЛ-1-1 — распределитель второго порядка в виде лотка, УТ-3 — третий участковый распределитель в виде трубопровода.

**Водосборно-сбросная сеть:** 1) главный водосборный канал ГВК;

2) водосбор первого порядка В-1, В-2, В-3. Цифра показывает последовательность расположения устьев водосборов на главном водосборном канале, считая по направлению течения воды;

3) водосбор второго и третьего порядка — В-1-1, В-1-2 и т. д. или В-1-2-1, В-1-2-2, В-1-2-3 и т. д. Последняя цифра указывает номер устья водосбора на принимающем канале;

4) сброс на магистральном канале СМ-1, СМ-2, СМ-3. Цифра означает номер сброса, считая от головы МК;

5) сбросы на распределителях первого порядка — СР-1 — сброс на Р-1 (если сброс только один); С2Р-2 — второй сброс на Р-2, С3Р-3 — третий сброс на Р-3;

6) сбросы на распределителях второго, третьего и т. д. порядка — СР-1-2 — один сброс на Р-1-2, С3Р-1-1 — третий сброс на Р-1-1;

7) сбросы на хозяйственных и участковых распределителях С2Х-1 — сброс на 2Х-1, С2Х-2-2 — сброс на 2Х-2-2, СУ-3 — сброс на У-3;

8) нагорный канал — НК-1 — первый нагорный канал в системе НК-2 — второй НК в системе.

**Коллекторно-дренажная сеть:** 1) главный коллектор — ГК;

2) коллекторы первого порядка — К-1, К-2, К-3 и т. д.;

3) коллекторы второго порядка — К-1-1, К-1-2 и т. д.; третьего порядка — К-2-2-1, К-2-2-2 и т. д.

4) групповые дрены — ГрД-1, ГрД-2 — открытые, Грд-1, Грд-2 — закрытые. Цифры указывают номер групповой дрены в хозяйстве;

5) первичные дрены — Д-1, Д-2; Д-3 — открытые, д-1, д-2, д-3 — закрытые. Цифра указывает номер дрены в хозяйстве при единой нумерации всех дрен, независимо от их типа.

**Номенклатура площадей оросительных систем.** Территория, заключенная в установленных границах оросительной системы, составляет ее валовую площадь. В нее входят орошаемые и неорошаемые земли, а также озера, водотоки и пр.

Площадь, занятая посевами сельскохозяйственных культур и насаждениями, полив которых предусмотрен проектом, называется орошаемой площадью нетто или поливной площадью.

Площадь, занятая каналами, сооружениями, дорогами, лесными полосами, постройками, а также земли, расположенные в границах орошаемой территории, но не орошаемые по почвенно-мелиоративным и другим условиям, составляет площадь отчуждения.

Орошаемая площадь нетто вместе с площадью отчуждения составляет площадь орошения брутто.

Сельскохозяйственные угодья, увлажняемые независимо от оросительной системы (лиманное орошение), относятся к орошаемым землям и учитываются особо.

Степень использования земельного фонда оросительных систем характеризуется следующими коэффициентами:

1) коэффициентом использования земельного фонда

$$K_{и.ф} = \frac{\text{площадь орошения нетто}}{\text{валовая площадь}}; \quad (I-60)$$

2) коэффициентом земельного использования (должен быть не ниже 0,85—0,90)

$$K_{з.и} = \frac{\text{площадь орошения нетто}}{\text{площадь орошения брутто}}. \quad (I-61)$$

Все технико-экономические показатели проекта оросительных систем определяют на 1 га орошаемой площади нетто.

## § 18. Лесные полосы и дороги

**Лесные полосы.** Создание лесных полос на орошаемых землях очень важно и является обязательным условием правильной организации территории. Лесные полосы снижают скорость ветра над поверхностью почвы на 20—60%, увеличивают относительную влажность воздуха на 10—40%, уменьшают интенсивность испарения с водной поверхности на 10—40% и тем больше, чем ближе к полосе. Лесные полосы сокращают коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур и повышают их урожай, уменьшают действие суховеев, затеняют каналы и уменьшают зарастание их сорняками, способствуют снижению уровня грунтовых вод, дают прирост древесины до 60—75 м<sup>3</sup> на 1 га. В районах шелководства лесные полосы из шелковицы создают также для разведения тутового шелкопряда.

Лесные полосы создают из высокорастущих пород деревьев с высоким подлеском продуваемой конструкции ветроломного назначения; они должны пропускать через себя не больше 30—40% ветрового потока.

Лесные полосы располагают вдоль каналов постоянной оросительной, водосборно-сбросной и дренажной сети, вдоль постоянных дорог, водоемов, по границам крупных полей севооборота, по границам землепользования хозяйств, на участках, непригодных для выращивания сельскохозяйственных культур. Лесные полосы должны быть в основном расположены перпендикулярно к направлению господствующих сушевых ветров.

Лесные полосы сажают, как правило, двух-, реже четырехрядными с каждой стороны канала. На малых постоянных каналах сажают однорядную полосу с каждой стороны. Если



Рис. 36. Схема лесных полос на оросительных каналах:

а — двухсторонняя посадка; б — односторонняя посадка.

канал ремонтируют и очищают от наносов машинами, то деревья сажают с одной, лучше с низовой стороны с удвоенным числом рядов (рис. 36). Вдоль водохранилищ, по границам степных орошаемых участков сажают 7—10-рядные лесные полосы. Расстояние между деревьями в ряду равно 0,4—0,7—1,0 м, расстояние между рядами 2—3 м, ширина закрайка со стороны канала и со стороны поля 1 м. При посадке плодовых деревьев расстояние между рядами и в ряду принимается: для абрикоса, алычи, шелковицы, ореха черного, лесной яблони и дикой груши — 1,5—2 м; для культурных плодовых деревьев 3—4 м и более.

Ассортимент древесных и плодовых пород, конструкцию лесополос и потребность в посадочном материале принимают по рекомендациям Всесоюзного научно-исследовательского института агролесомелиорации (ВНИАЛМИ) и Агролеспроекта для местных условий.

В республиках Средней Азии сажают обычно следующие породы деревьев: белый пирамидальный тополь, шелковицу, абрикос, белую акацию, вишню, грушу, яблоню, грецкий орех, ясень, платан; кустарник — иргу. В степных и лесостепных районах европейской части СССР сажают: пирамидальный тополь, дуб, березу, вишню, грушу, сливу, клен, ясень, липу, вяз обыкновенный и кустарники — бересклет, желтую акацию, иргу, лещину, жимолость. Пирамидальный тополь через 4—10 лет после посадки уже дает деловую древесину для хозяйства.

**Дороги.** Дороги на оросительной системе строят четырех видов:

1) межхозяйственные, которые соединяют хозяйства с районным центром, со станциями железных дорог и пристанями, с элеваторами и т. п.;

2) внутрихозяйственные, соединяющие центр хозяйства с бригадами, фермами, полевыми станами, с межхозяйственными дорогами или перечисленные объекты между собой;

3) полевые, которые соединяют все поливные участки с внутрихозяйственными или межхозяйственными дорогами и служат для вывозки урожая с полей, подвозки удобрений, въезда и выезда тракторов и машин на все поля;

4) эксплуатационные для осмотра каналов и сооружений на них, для подвозки строительных материалов и оборудования, не-

обходимых при их ремонте. Их устраивают вдоль магистрального канала и распределителей старшего порядка.

Все дороги располагают вдоль постоянных каналов или границ поливных участков с минимальным количеством мостов и труб на них. Дороги проектируют так, чтобы при наименьшей их длине было нормальное сообщение между всеми полями севооборота и хозяйственным центром. Поэтому различные виды дорог по возможности объединяют.

Внутрихозяйственные и эксплуатационные дороги строят постоянного типа, полевые — постоянного или временного, в зависимости от продолжительности перевозок.

Дороги могут располагаться с верховой или с низовой стороны оросительного канала (рис. 37). В первом случае дороги строят внизу поля между оросительным и водосбросным каналами. Переезды строят через водосбросной канал (он же и кювет) для въезда на каждый поливной участок. Во втором случае дорогу строят вверху поля, кювет с низовой стороны не строят, переезды делают через каждый ороситель.

Ширина проезжей части внутрихозяйственных дорог равна 3,5 м, эксплуатационных — 3 м; ширину земляного полотна внутрихозяйственных дорог принимают равной 6,5 м, эксплуатационных — 6 и полевых — до 5 м. Наименьший радиус кривой для внутрихозяйственных дорог равен 60 м, эксплуатационных — 30 и полевых — 10 м. Дороги занимают около 1—2% орошаемой площади.

Возвышение над уровнем земли бровки земляного полотна внутрихозяйственных и эксплуатационных дорог на песчаных и супесчаных грунтах принимают 0,3—0,4 м, на суглинистых и глинистых — 0,5—0,8 м. При низком уровне грунтовых вод и незасоленных грунтах допустимо лишь профилирование без устройства насыпи.

Поперечный профиль дорог в зависимости от их расположения по отношению к каналам принимают односкатный или двухскатный с поперечным уклоном 0,03—0,05.

Со стороны канала, если его глубина больше 1,5—2,0 м, составляют берму шириной 2 м.

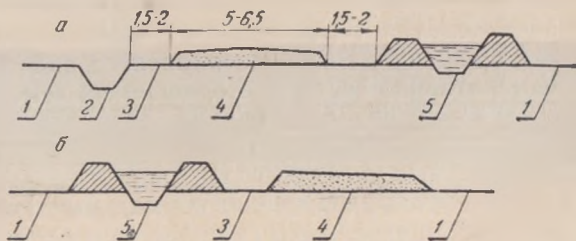


Рис. 37. Расположение дорог на орошаемой территории выше (а) и ниже (б) оросительного канала:

1 — поле; 2 — кювет; 3 — берма; 4 — дорога; 5 — канал.

Для отвода воды устраивают кюветы трапецеидального сечения глубиной 0,3—0,4 м в суглинистых и 0,5—0,6 м в глинистых грунтах.

Проезжую часть внутрихозяйственных дорог можно устраивать с покрытием; конструкция дорожной одежды принимается в соответствии с утвержденными местными типами одежд для сельских дорог.

Переезды через распределительные каналы выполняют обычно в виде труб (бетонных, железобетонных и асбестоцементных). Через реки и большие каналы строят мосты. Ширина проезжей части мостов и переездов внутрихозяйственных дорог равна 5 м.

### § 19. Плановое водопользование и расчетные расходы воды в каналах

Плановое водопользование оросительной системы предусматривает забор воды из источника орошения и распределение ее по каналам в соответствии с плановым водопотреблением сельскохозяйственных культур на всех полях севооборота во всех бригадах и хозяйствах системы.

Общесистемный план водопользования составляют на основе планов водопользования отдельных хозяйств в увязке с режимом водисточника, пропускной способностью оросительных каналов, почвами, гидрогеологией и другими условиями.

В колхозном или совхозном плане водопользования указывают: время и величину расхода воды, подаваемой в каждый канал, сколько поливальщиков принимают воду из каждого канала, календарные даты всех поливов каждой культуры, когда и чем выполняются все сельскохозяйственные работы на каждом поливном участке, когда и какие противофильтрационные мероприятия выполняют на всех каналах и т. д. Хозяйственный план водопользования составляется на основе производственного плана хозяйства и является его составной частью.

Каждое хозяйство получает воду непрерывно в течение вегетационного периода по установленному плану водопользования. Прерывистая подача воды (по водообороту) в хозяйстве допускается: при малой площади орошения, когда между поливами всей площади участка имеются разрывы; в периоды малого водопотребления; в маловодные годы при недостатке воды в источнике орошения. Введение планового водопользования улучшает мелноративное состояние орошаемых земель. Методика составления плана водопользования рассматривается в курсе «Эксплуатация гидромелиоративных систем».

Расчетные расходы воды в оросительных каналах установлены в проектах следующие: нормальный (максимальный) расход нетто  $Q_{н}^{нт}$ , нормальный (максимальный) расход брутто  $Q_{н}^{бр}$ , фор-

сированный расход брутто  $Q_{бр}$ , минимальный расход брутто  $Q_{мин}$

Нормальным расходом называют расход канала, близкий к максимальному, которым он работает длительное время; его вычисляют по графику гидромодуля.

Форсированным расходом называется максимальный предельный расход канала, которым он работает короткое время.

Минимальным расходом нетто называют минимальный расход, который требуется согласно расчетному графику гидромодуля и расчетному плану водопользования и водооборота.

Расходом нетто называют расход, который должен быть подан на поле для полива сельскохозяйственных культур. Расходом брутто называют общий расход, равный расходу нетто плюс потери воды в каналах.

Расчетные расходы воды нетто в оросительных каналах (в л/сек) определяют по следующим формулам:

хозяйственного распределителя

$$Q_{х.р}^{нт} = q_x \omega_{х.р}; \quad (I-62)$$

внутрихозяйственного (севооборотного) распределителя

$$Q_{в.р}^{нт} = q_{сев} \cdot \omega_{в.р}; \quad (I-63)$$

участкового распределителя

$$Q_{у.р}^{нт} = \frac{m \omega_{у.р}}{T}; \quad (I-64)$$

временного оросителя

$$Q_{вр.ор}^{нт} = \frac{m \omega_{вр.ор}}{T}, \quad (I-65)$$

где  $Q_{нт}$  — нормальный или минимальный расчетный расход нетто (без учета потерь),  $м^3/сек$ . Минимальный расход в постоянных каналах принимается не менее 40% нормального;

$\omega$  — расчетная площадь полива, обслуживаемая каналом, га;

$m$  — поливная норма ведущей культуры,  $м^3/га$ ;

$T$  — продолжительность полива, сек;

$q$  — расчетная ордината укомплектованного графика гидромодуля (максимальная или минимальная) для севооборотной площади или всей площади хозяйства, л/сек на 1 га.

Максимальную ординату гидромодуля принимают за расчетную в том случае, если ее величина длится не менее одной декады; в других случаях за расчетную принимают среднюю величину из значений, близких к максимальной ординате за период не менее одной декады.



Для определения расчетных расходов нетто составляют расчетные графики гидромодуля для всех типовых севооборотов и типовых хозяйств, входящих в оросительную систему. В необходимых случаях графики гидромодуля составляют для каждого севооборота и для каждого хозяйства.

Расходы каналов должны быть взаимно согласованы между собой. Согласование ведется последовательно от младших каналов к старшим:

$$\sum Q_{вр,ор}^{бр} = Q_{у,р}^{нт}; \quad \sum Q_{у,р}^{бр} = Q_{в,р}^{нт}; \quad \sum Q_{и,р}^{бр} = Q_{х,р}^{нт} \text{ и т. д.} \quad (I-66)$$

Эти равенства читаются так: расчетный расход нетто старшего канала равен сумме расчетных расходов брутто младших каналов, которые получают воду из него одновременно.

Нормальный и минимальный расчетные расходы (нетто) внутрихозяйственных распределителей устанавливают на основе принятой схемы водораспределения и размещения бригад на полях севооборотных участков с учетом следующих положений:

1) каждый севооборотный участок получает воду, причитающуюся ему по графику водопотребления независимо от других севооборотных участков; если площади смежных севооборотных участков невелики и требуют нормального расхода нетто не больше 100 л/сек, то их при расчете расходов каналов можно суммировать, с тем чтобы эти участки получали воду по очереди;

2) усадьбы и приусадебные земли получают воду независимо от севооборотов по возможности непрерывным током;

3) максимальный расчетный расход до 200—250 л/сек, поступающий на севооборотный участок, как правило, не дробится и поступает по очереди в один из внутрихозяйственных распределителей, обслуживающих данный севооборотный участок; более крупные расходы распределяются между внутрихозяйственными распределителями;

4) расчетный расход распределителя должен обеспечить площадь полива не меньше площади суточной производительности трактора при нарезке поливных борозд и культивации междурядий.

Расходы межхозяйственных распределителей и магистрального канала определяют путем суммирования расчетных расходов воды, подаваемых в хозяйства.

**Потери воды в каналах.** Вода из каналов теряется на фильтрацию через дно и откосы канала, на испарение с водной поверхности, на сбросы и утечки.

Потери воды на фильтрацию составляют около 98% от общих потерь и зависят от водопроницаемости грунта, от глубины залегания грунтовых вод или водоупора, от степени прерывистости работы канала, от поперечного сечения и глубины наполнения канала водой, от условий эксплуатации.

Объем воды, впитавшейся в грунт через дно и стенки за одни сутки на 1 м длины канала, равен произведению коэффициента фильтрации  $K$  на смоченный периметр канала с учетом капиллярных свойств грунта:

$$W = K (b + 2\lambda h \sqrt{1 + \varphi^2}), \text{ м}^3/\text{сутки}, \quad (\text{I-67})$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации,  $\text{м}/\text{сутки}$ ;

$\lambda$  — коэффициент, учитывающий капиллярное боковое растекание воды в откосы канала, равный 1,1—1,4;

$b$  — ширина канала по дну,  $\text{м}$ ;

$h$  — глубина воды в канале,  $\text{м}$ ;

$\varphi$  — заложение откосов канала.

Чем больше длина, смоченный периметр и коэффициент фильтрации, тем больше потери воды из канала. Уменьшение уклонов канала ведет к уменьшению скорости течения воды, а следовательно, к увеличению живого сечения канала и потерь воды. Минимальные потери воды будут при гидравлически наивыгоднейшем сечении канала и скоростях воды, близких к размывающим.

Если сечение канала неизвестно, то ориентировочные потери воды на фильтрацию определяют по формуле С. А. Гиршкана:

$$S = 0,063K \sqrt{Q_{\text{ит}}} \text{ м}^3/\text{сек на 1 км канала} \quad (\text{I-68})$$

или

$$\sigma = \frac{6,3K}{\sqrt{Q_{\text{ит}}}} \% \text{ на 1 км канала}. \quad (\text{I-69})$$

При отсутствии специальных исследований значения коэффициента фильтрации  $K$  принимают для: тяжелых суглинков — 0,01—0,05; средних и легких суглинков — 0,05—0,10, супесей — 0,10—0,25; лесса — 0,25—0,50, мелкого песка — 0,50—1,0, мелкозернистого песка 1—5 и среднезернистого 5—20  $\text{м}/\text{сутки}$ .

Величину потерь воды можно определить ориентировочно также и по формулам А. Н. Костякова:

для легких грунтов

$$\sigma = \frac{3,4}{Q^{1,5}};$$

для средних

$$\sigma = \frac{1,9}{Q^{0,4}}$$

и тяжелых

$$\sigma = \frac{0,7}{Q^{0,3}} \% \text{ на 1 км канала};$$

(I-70)

на всей длине канала

$$S = \frac{\sigma IQ}{100} \text{ м}^3/\text{сек.} \quad (I-71)$$

По приведенным формулам потери определяют при свободной фильтрации из канала, то есть при условии, что грунтовые воды залегают глубоко.

Если грунтовые воды залегают неглубоко и подпирают фильтрационный поток из канала, то потери воды на фильтрацию из канала будут меньше, чем при фильтрации без подпора. В этом случае потери, определенные по вышеприведенным формулам, умножают на поправочный коэффициент  $K_{\text{п}}$  (табл. 20).

ТАБЛИЦА 20

Поправочный коэффициент  $K_{\text{п}}$

Расход воды в канале, $\text{м}^3/\text{сек}$	Глубина залегания грунтовых вод, м				
	3	3	5	7,5	10
0,3	0,82	—	—	—	—
1,0	0,63	0,79	—	—	—
3,0	0,50	0,63	0,83	—	—
10,0	0,41	0,50	0,65	0,79	—
20,0	0,36	0,45	0,57	0,71	0,82

В каналах периодического, кратковременного действия (временные оросители, участковые распределители) потери на фильтрацию определяются по тем же формулам, что и для каналов постоянного действия (I—67, I—68), но вместо коэффициента фильтрации вводят среднюю скорость впитывания воды  $K_{\text{вп}}$  за расчетное время действия канала в  $\text{м}/\text{сутки}$ . Коэффициент впитывания определяют опытным путем в условиях работы рассчитываемого канала или в аналогичных условиях.

Потери воды в каналах на испарение составляют около 2% от общих потерь; их определяют на 1 км длины канала по формуле:

$$E = 0,016he(\alpha + 2\varphi) \text{ м}^3/\text{сек.}, \quad (I-72)$$

где  $e$  — слой испарения,  $\text{м}/\text{сутки}$ ;

$h$  — глубина воды в канале, м;

$\varphi$  — заложение откосов;

$\alpha = \frac{b}{h}$  — отношение ширины канала по дну к глубине воды.

Общие потери воды на 1 км канала на фильтрацию и испарение:

$$Q_{\text{пот}} = S + E \text{ м}^3/\text{сек.} \quad (I-73)$$

Величина  $E$  мала и в практике проектирования оросительных систем ее часто не учитывают.

При правильной эксплуатации системы потери воды на сброс и утечки устраняют.

Фактические потери воды из оросительных каналов велики, они тем больше (в процентах), чем меньше расход воды в канале (табл. 21).

ТАБЛИЦА 21

Потери воды из оросительных каналов  
(по А. Н. Костякову)

Расход, м <sup>3</sup> /сек	Потери в % от расхода воды на 1 км	Расход, м <sup>3</sup> /сек	Потери в % от расхода воды на 1 км
0,03	16	0,50—1,00	6—4
0,03—0,10	16—12	1,00—1,50	4—3
0,10—0,15	12—11	1,50—2,00	3—2
0,15—0,20	11—8	2,00—3,00	2,5—1,1
0,20—0,30	9—7,5	3,00—5,00	1,8—1,1
0,30—0,50	7,5—6,0	50,0—100,0	0,20—0,15

Расчетные расходы воды брутто в оросительных каналах определяют двумя способами.

1. Для ориентировочных подсчетов пользуются формулой:

$$Q_{бр} = \frac{Q_{нт}}{\eta}, \quad (I-74)$$

где  $\eta$  — коэффициент полезного действия системы каналов (отношение расхода нетто к расходу брутто), который при нормальных расходах для системы магистрального канала и его ветвей должен быть не ниже 0,8—0,9, для системы распределителей — 0,85—0,90 для временных оросителей — 0,90—0,95.

Когда к. п. д. окажется ниже указанных значений, необходимо предусмотреть специальные мероприятия для уменьшения потерь воды на фильтрацию.

2. Более точно потери определяют в каждом канале по формуле (I—67). Расчетный расход брутто равен:

$$Q_{ор} = Q_{нт} + S. \quad (I-75)$$

Подсчет потерь в оросительных каналах и определение расчетных расходов брутто ведут последовательно от младших каналов к старшим.

Расчетный расход брутто временного оросителя:

$$Q_{вр.ор}^{бр} = Q_{вр.ор}^{нт} + S_{вр.ор}. \quad (I-76)$$

Так как часть воды, впитавшейся в дно и стенки временных оросителей, используется сельскохозяйственными культурами, то

количество неиспользуемой, потерянной воды принимается обычно равным 0,05—0,10 расхода нетто (к. п. д. = 0,90—0,95). Полученный расход округляют до ближайшей большей величины стандартного расхода оросителей: 20—25—30—40—60—80—100 л/сек.

Расчетный расход брутто в старшем канале равен сумме расчетных расходов брутто младших каналов, одновременно получающих из него воду, плюс потери в старшем канале. Стандартные расходы участковых и внутрихозяйственных распределителей: 50—75—100—125—150—200—250—300 л/сек.

$$Q_{\text{бр.к.}}^{\text{бр}} = \sum Q_{\text{м.л.к.}}^{\text{бр}} + S_{\text{ст.к.}} \quad (1-77)$$

В магистральных и распределительных каналах, работающих непрерывно, потери на фильтрацию определяют обычно по участкам между водовыделами. Для определения расчетных расходов обычно чертят схему водораспределения с указанием длины каналов, расходов нетто, потерь воды, расчетных расходов брутто на каждом канале и стрелками указывают направление движения воды.

Форсированный расчетный расход брутто. При изменении условий водооборота, состава культур или площади их орошения, а также в сильно засушливые периоды может потребоваться на небольшой период времени такой расход воды, который больше нормального расчетного. В проектах оросительных систем это возможное увеличение расчетных расходов предусматривают коэффициентом форсирования  $K_{\text{ф}}$ :

$$Q_{\text{ф}} = K_{\text{ф}} Q_{\text{н}}^{\text{бр}} \quad (1-78)$$

Для межхозяйственных и хозяйственных распределителей при

$$Q_{\text{н}} < 1 \text{ м}^3/\text{сек}, K_{\text{ф}} = 1,2 - 1,3; \text{ при } Q_{\text{н}} = 1 - 10 \text{ м}^3/\text{сек}, \\ K_{\text{ф}} = 1,15 - 1,20; \text{ при } Q_{\text{н}} > 10 \text{ м}^3/\text{сек}, K_{\text{ф}} = 1,10 - 1,15.$$

Расходы внутрихозяйственных распределителей и временных оросителей, работающих по очереди, не форсируют.

Расходы оросительных систем при комплексном их использовании. Если оросительная система, кроме орошения, подает воду для обводнения и водоснабжения, то к расходам воды на орошение прибавляют расходы на обводнение и водоснабжение по соответствующим периодам года.

Расходы воды на водоснабжение определяют по нормам водопотребления населения, животных, машин, предприятий. Расходы воды на обводнение складываются из расходов на наполнение прудов, естественных котловин, пересохших озер. Если на оросительных каналах построены малые ГЭС, то принимается в расчет и расход, необходимый для ГЭС. Расчетные расходы обычно суммируют графически.

## § 20. Коэффициент полезного действия оросительных систем и борьба с потерями воды из каналов

Коэффициент полезного действия (к.п.д.) каналов равен отношению расхода воды в конце канала к расходу в голове канала, то есть отношению  $Q_{нт} : Q_{бр}$ .

К. п. д. каналов определяют в последовательном порядке от младших каналов к старшим по формулам:

$$\eta_{y.p} = \frac{\sum Q_{вр.ор}^{5р}}{\sum Q_{вр.ор}^{6р} + S_{y.p}}; \quad \eta_{x.p} = \frac{\sum Q_{y.p}^{5р}}{\sum Q_{y.p}^{6р} + S_{x.p}} \text{ и т. д.} \quad (I-79)$$

Коэффициент полезного действия оросительной системы представляет собой отношение объема воды, поданной на поля  $V_{нт}$ , к объему воды, поступившей в голову системы  $V_{бр}$ , за период  $T$ :

$$\eta = \frac{V_{нт}}{V_{бр}} = \frac{Q_{нт}t}{Q_{бр}T} = \left( 1 - \frac{\sum \frac{\sigma l Q}{100}}{Q_{бр}} \right) \frac{t}{T}; \quad (I-80)$$

$$Q_{бр} = Q_{нт} + \frac{\sum \sigma l Q}{100}, \quad (I-81)$$

- где  $Q_{нт}$  — сумма расходов воды, подаваемой на поля;  
 $t$  — продолжительность подачи воды на поля общим расходом  $Q_{нт}$  в течение периода  $T$ ;  
 $T$  — продолжительность работы магистрального канала расходом  $Q_{бр}$ ;  
 $Q_{бр}$  — расход, забираемый из водоисточника в голове системы;  
 $\sigma$  — процент потерь воды в соответствующих каналах на 1 км длины;  
 $Q$  — расход воды в соответствующих каналах;  
 $l$  — длина работающих каналов с расходом  $Q$ , км.

Коэффициент полезного действия оросительной системы также равен произведению к. п. д. каналов, работающих последовательно от магистрального канала до временного оросителя по расчетной трассе:

$$\eta = \eta_{мк} \eta_{x.p} \eta_{вр} \eta_{y.p} \eta_{вр.ор}. \quad (I-82)$$

Чем больше площадь оросительной системы, тем больше длина оросительных каналов, тем больше потери воды в них и тем меньше к. п. д. системы. При увеличении площади нетто с 1000 га до 50 000 га фактический к. п. д. снижается ориентировочно с 0,75—0,80 до 0,65—0,60.

**Эксплуатационные и строительные меры борьбы с потерями воды в каналах.** Потери воды в каналах вредны, так как они, питая грунтовые воды, способствуют заболачиванию и засоле-

нию ценных орошаемых земель, снижают к. п. д. системы, следовательно, увеличивают водозабор, размеры головного сооружения каналов и сооружений на каналах, а при механическом орошении и затраты энергии; увеличивают строительные и эксплуатационные затраты. Поэтому с потерями воды должна вестись систематическая борьба во всех каналах.

Борьба с потерями воды в каналах ведется эксплуатационными и строительными мерами.

К эксплуатационным мерам относятся: круглосуточный полив без сброса воды из каналов и на полях; непрерывная работа каналов или тактами в таком сочетании, при котором суммарные потери воды будут наименьшими; своевременный ремонт и очистка каналов от наносов и сорной растительности; работа каналов без излишней форсировки расходов и без больших подпоров.

При правильной организации водопользования, недопущении потерь воды на полях и введении круглосуточных поливов ( $T=t$ ) значение к. п. д. системы будет зависеть от потерь воды в одновременно работающих каналах.

К строительным мерам борьбы с фильтрацией воды относятся: максимальное сокращение длины каналов; устройство каналов, поперечное сечение и продольный профиль которых дают минимальные потери воды; уменьшение коэффициента фильтрации грунта ложа каналов; устройство антифильтрационных одежд и водонепроницаемых экранов; устройство закрытых и лотковых оросительных сетей.

Уменьшение коэффициента фильтрации грунта достигается снижением активной пористости грунта путем уплотнения, кольматации, солонцевания, оглеения, нефтевания, битумизации и силикатирования грунтов.

Уплотнение дна и откосов канала выполняют кулачковыми катками на глубину до 25—30 см, трамбуемыми экскаваторными плитами на глубину до 60—100 см и другими машинами.

Оптимальная влажность, при которой требуются наименьшие затраты работы на уплотнение грунта, для супесей равна 12—15%, суглинков — 15—25, глины — 25—29%. При уплотнении легких суглинков объемный вес доводят до 1,6—1,75 г/см<sup>3</sup>, средних суглинков — до 1,5—1,6 и глинистых грунтов — до 1,45—1,5 г/см<sup>3</sup>. Коэффициент фильтрации при этом уменьшается в 5—50 раз. Уплотнение грунта происходит также в результате взрыва при взрывном способе производства работ.

В результате замерзания, оттаивания, высыхания, увлажнения, пронизывания корнями растений грунт постепенно разуплотняется. Срок службы уплотнения — около пяти лет.

Кольматация — вмыв в поры хорошо водопроницаемого грунта глинистых частиц для их закупоривания и уменьшения активной пористости грунта. Кольматирование грунта производят в каналах участками длиной 300—600 м гидравлическим спо-

собом. Для этого вблизи канала в котлованах приготавливают раствор глины, который вместе с водой подают на участки канала. Мутность воды должна быть не больше  $5 \text{ кг/м}^3$ , скорость течения воды  $0,05—0,20 \text{ м/сек}$ . Глинистые частицы оседают на дно и откосы канала, вmyваются в грунт на глубину  $5—10 \text{ см}$ , закупоривают его поры, образуют тонкий слой ила и уменьшают фильтрацию воды в  $5—10$  раз. На кольматирование  $1 \text{ м}^2$  поверхности надо  $5—20 \text{ кг}$  глины.

Срок службы кольматации 5 лет.

Солонцевание русла каналов производят двумя способами: 1) снимают слой грунта  $10—20 \text{ см}$  со дна и откосов канала, поверхность покрывают ровным слоем поваренной соли  $\text{NaCl}$  от 2 до  $5 \text{ кг/м}^2$ , снятый грунт укладывают обратно, после этого в канал пускают воду; 2) просушенные дно и откосы канала рыхлят, пропитывают концентрированным ( $20\%$ -ным) раствором соли в несколько приемов, затем покрывают слоем песка или грунта толщиной  $2—3 \text{ см}$  с трамбованием. После этого канал замачивают стоячей водой, которую через  $1—2$  дня сбрасывают.

Поглощающий комплекс грунта, обогащаясь катионами натрия, вызывает диспергацию и набухание частиц грунта, что резко уменьшает активную пористость грунта, и в первые два года потери уменьшаются в  $2—5$  раз. Солонцевание действует  $3—4$  года и не оказывает вредного действия на орошаемые земли. Засолонцеванные каналы сорняками не зарастают.

Оглеение русла каналов производят следующим образом. Снимают верхний слой грунта толщиной  $15—20 \text{ см}$ , укладывают измельченные растения (листья, прелую и свежую солому, сорные травы и др.) слоем  $5—7 \text{ см}$  и покрывают сверху землей слоем  $10—15 \text{ см}$ . Затем полностью наполняют канал водой. В этих анаэробных условиях происходят восстановительные биохимические процессы разложения органического вещества (оглеение). Грунт при этом диспергируется, на дне и откосах канала образуется маловодопроницаемый слой, фильтрация снижается в  $17—44$  раза.

При отсутствии воды в каналах грунт начинает окисляться, водопроницаемость увеличивается. Поэтому оглеение применимо для каналов длительного непрерывного действия и для водохранилищ и не рекомендуется для каналов, по которым вода подается с перерывами.

Битумизация также уменьшает активную пористость грунта. Для этого поверхность канала рыхлят на глубину  $5—7 \text{ см}$ , поливают горячей ( $150^\circ$ ) нефтью или горячим мазутом (битумной эмульсией, каменноугольным дегтем), затем присыпают просеянной землей, уплотняют. Этот процесс повторяют несколько раз. Потери воды уменьшаются в  $3—4$  раза. Долговечность одежды  $4—5$  лет. На  $1 \text{ м}^2$  расходуется  $10—13 \text{ кг}$  нефти или



8—12 кг битума. Допустимая скорость течения воды до 1 м/сек.

Силикатирование осуществляют путем пропитки песчаного грунта раствором жидкого стекла с закреплением выделяющейся кремнекислоты раствором кремнефтористого натрия или хлористого кальция. Силикатированный грунт водонепроницаем, морозоустойчив, пластичен, но неустойчив под действием атмосферной влаги. Силикатирование стоит дорого и поэтому мало применяется.

Рыхление дна и откосов канала и затирка его смоченной поверхности также снижает потери воды на фильтрацию.

Антифильтрационные одежды представляют собой искусственное покрытие дна и откосов канала бетоном, асфальтом, камнем, глиной, полиэтиленовой пленкой и другими материалами для уменьшения их водопроницаемости и для защиты канала от размыва водой.

Антифильтрационные одежды применяют в тех случаях, когда каналы проходят в сильнопроницаемых грунтах, при высокой стоимости воды и недостаточной обеспеченности системы водой.

Антифильтрационные одежды должны быть: водонепроницаемыми, прочными, долговечными и дешевыми, должны допускать высокие скорости течения воды в канале.

Бетонные и железобетонные одежды оросительных каналов наиболее прочны, долговечны, достаточно водонепроницаемы и широко применяются для борьбы с потерями воды на фильтрацию. Облицовку каналов делают (из неармированного или армированного бетона), монолитной, сборной из железобетонных плит или комбинированной. Облицовка делается из жирного бетона (1 : 3 : 6) М 150 с хорошим уплотнением, толщиной от 5 до 12 см по песчаной и щебенчатой подготовке толщиной 10—15 см. Откосы облицовывают выше максимального горизонта воды на 15—30 см и вверху устраивают берму шириной 15—25 см.

Расстояние между температурно-усадочными швами принимают 2—3 м. Швы толщиной до 5 см заполняют обычно битумной мастикой и цементным раствором (1 : 2). Швы являются слабым местом в конструкции облицовок. Они не поддаются осмотру в период работы каналов, ремонт их трудоемок.

Перед облицовкой канал надо хорошо замочить, после укладки уплотнить так, чтобы после облицовки канала не было осадки грунта. Бетонная одежда уменьшает потери воды на фильтрацию в 5—20 раз и позволяет иметь высокий к. п. д. канала. Например, облицованный канал в Голодной степи с расходом 10 м<sup>3</sup>/сек имеет к. п. д., равный 0,95. Скорость течения воды в бетонированных каналах допускается до 4—8 м/сек, коэффициент шероховатости бетонной одежды (0,012—0,016) в два раза меньше, чем в земляных каналах (0,022—0,030), это позволяет значительно умень-

шить сечение канала, размеры сооружений на канале и объем земляных работ.

Армированные бетонные одежды толщиной 8—12 см применяют в следующих случаях: при крутых откосах или слабых грунтах; при давлении на одежду грунтовых вод; при оползающих откосах канала.

Возможность широкой механизации бетонных работ делает бетонные одежды (при наличии на месте заполнителей бетона) наиболее экономичными. Срок службы бетонной облицовки 25 лет.

Булыжную мостовую устраивают из камня размером 15—30 см, который укладывают тычком с последующей расщелкой. Мостовая допускает скорость воды 3,25 м/сек. Потери воды уменьшаются в 2—3 раза.

Асфальтовая одежда дна и откосов канала делается из асфальтового бетона толщиной 10—15 см. Эта одежда водонепроницаема, пластична, морозоустойчива, но прорастает растениями и при высокой температуре оплывает. Срок службы асфальтовой одежды 15 лет.

Глиняную одежду делают толщиной 10—20 см при тщательном уплотнении. Поверх глины укладывают слой песка или гравия. Откосы должны быть пологими (1 : 1,5—1 : 2). Глиняная одежда допускает скорость воды в канале до 0,5—0,7 м/сек; сберегает до 70% воды, целесообразна на песчаных и гипсовых грунтах.

Одежда из полиэтиленовой пленки толщиной 0,1—0,4 мм выполняется в виде скрытого экрана. Пленку укладывают по откосам и дну канала и прикрывают защитным слоем грунта толщиной 0,15—0,30 м. Чтобы тростник, камыш и другие растения не прорастали и не рвали пленку, поверхность канала до укладки пленки обрабатывают гербицидами. Одежду из пленки рекомендуется применять на грунтах с коэффициентом фильтрации более 0,5 м/сутки на малых и средних каналах при коэффициенте заложения откосов 2,0—2,5.

Ориентировочный срок службы одежды 5 лет.

Расчет снижения потерь воды на фильтрацию. Применение противофильтрационных мероприятий на каналах на средневодопроницаемых грунтах дает следующее снижение потерь воды, которое принимают в проектах для предварительных расчетов: 1) глубокое (более 0,5 м) уплотнение дна и откосов каналов — от 70 до 80%; 2) мелкое (менее 0,25 м) уплотнение — от 30 до 50%; 3) создание уплотненного экрана под дамбами и дном канала — от 30 до 60%; 4) искусственная кольматация — от 30 до 50%; 5) солонцевание — от 40 до 60%; 6) бетонная одежда — от 85 до 95%; 7) глиняная одежда — от 60 до 80%; 8) одежда в виде скрытого экрана из полиэтиленовой пленки — от 85 до 90%.

Мероприятие, которое обеспечивает требуемый коэффициент полезного действия канала, выбирают следующим образом:

1) определяют потери воды в канале, работающем в нормальных условиях эксплуатации, без противofильтрационных мероприятий;

2) определяют к. п. д. канала по формуле:  $\eta = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{бр}}}$ ;

3) устанавливают планируемый к. п. д. канала  $\eta_1$ ;

4) вычисляют необходимый процент снижения фofильтрационных потерь воды по формуле:

$$\alpha = \frac{\eta_1 - \eta}{1 - \eta} 100\%; \quad (I-83)$$

5) по вычисленной величине  $\alpha$  подбирают соответствующее противofильтрационное мероприятие с учетом наличия местных материалов, выполнив предварительно экономические расчеты.

*Пример.* К. п. д. канала  $\eta=0,67$ . Необходимо его повысить до 0,9. Необходимый процент снижения потерь:

$$\alpha = \frac{\eta_1 - \eta}{1 - \eta} \cdot 100 = \frac{0,90 - 0,67}{1 - 0,67} \cdot 100 = 70\%.$$

Такое снижение потерь воды на фofильтрацию обеспечивается: глубоким уплотнением, бетонной облицовкой и глиняной одеждой канала. Принимают наиболее экономичное решение.

Стоимость ежегодных амортизационных отчислений на погашение капитальных затрат и расходов на содержание и ремонт одежд равна:  $\Sigma 0,01 C \chi r l$ ; где  $C$  — стоимость 1 м<sup>2</sup> одежды канала;  $\chi$  — периметр канала с одеждой,  $r$  — процент амортизационных отчислений и расходов на содержание одежд,  $l$  — длина канала с одеждой.

Одежда каналов дает: уменьшение потерь воды и, следовательно, уменьшение питания грунтовых вод; сокращение длины каналов, уменьшение размеров каналов и сооружений на них; улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель.

## § 21. Конструкция и расчет оросительных каналов

**Увязка горизонтов воды в каналах и проектирование продольных профилей.** Превышение горизонта воды в старшем канале над горизонтом воды в младшем канале или в оросителе над поверхностью земли называют командованием. Самоотечная подача воды по каналам возможна только при командовании старших каналов над младшими.

Горизонты воды в каналах увязывают последовательно от младших каналов к старшим. Сначала определяют отметки воды в головах временных оросителей, которые равны отметке поверх-

лости земли в голове временного оросителя плюс 5—10 см (командование над головой полос, борозд). Затем чертят продольный профиль поверхности земли по трассе участкового распределителя, на котором условными знаками обозначают места водовыпусков во все временные оросители, получающие воду из этого участкового распределителя. Горизонты воды в каждом временном оросителе отмечают на профиле точками и графически определяют наивысшие по условиям командования (диктующие) временные оросители. К отметкам горизонта воды диктующих временных оросителей прибавляют 5—10 см и определяют отметки горизонта воды в участковом распределителе в диктующих сечениях. После этого чертят горизонт воды с уклоном, обеспечивающим командование над всеми оросителями и наименьший объем земляных работ.

При уклонах  $I < 0,0007$  горизонты воды увязывают по нормальному расходу, а командование при минимальных расходах обеспечивается за подпором. При уклонах  $I > 0,0007$  горизонты воды увязывают по минимальному расходу.

Отметки дна канала равны отметкам горизонта воды минус глубина воды при нормальном расходе. Уклон дна канала принимают равным уклону горизонта воды.

Отметки горизонта воды в других сечениях равны отметкам горизонта воды в диктующих сечениях плюс или минус произведение продольного уклона дна участкового распределителя на расстояние от диктующего сечения:  $h = h_{д} \pm IL$ .

Если уклон дна канала больше 0,0007, то горизонты воды обычно увязывают по минимальному расходу. Отметки дна канала в этом случае равны отметкам горизонта воды минус глубина воды при минимальном расходе. Отметки нормального или максимального горизонта равны отметкам дна канала плюс глубина при нормальном или максимальном расходе. Отметка бровки дамбы канала равна отметке максимального горизонта плюс превышение, которое принимается по таблице 25.

Горизонты воды в хозяйственном распределителе увязывают с горизонтами воды в участковых распределителях в той же последовательности, то есть строят продольный профиль поверхности земли по трассе старшего канала, чертят водовыделы в младшие, затем чертят нормальный горизонт воды в старшем канале так, чтобы он командовал над максимальными горизонтами в младших каналах, отходящих от старшего. Командование при минимальных горизонтах обеспечивается созданием подпора на старшем канале. Все отметки, расстояния и уклоны записывают в соответствующие графы под профилем. Увязку горизонтов воды в старших каналах ведут таким же образом.

При использовании переносных трубопроводов горизонт воды в участковом распределителе должен быть выше поверхности участка на 15—20 см. Максимальный уровень воды в распреде-

лителе последнего порядка в рисовой системе должен превышать самый высокий чек на 0,3 м, а минимальный уровень — на 0,2 м с тем, чтобы создать слой воды в чеке 0,25 и 0,15 м.

Горизонты воды в старших каналах при нормальном расходе воды должны быть выше горизонтов в выходящих из них каналов при максимальных расходах воды на величину потери напора в регуляторе (5—10—20 см). Это командование может быть создано или за счет подпора воды подпорными сооружениями или без подпора за счет подъема горизонта воды.

Завышение командования увеличивает объем земляных работ, затрудняет вывод воды и повышает стоимость каналов. Дно боковых каналов следует располагать на одном уровне с дном старшего канала или ниже его. В этом случае наносы не задерживаются в каналах и уносятся водой на поля.

Углы отвода боковых каналов должны быть больше 90°. Минимальный радиус закругления принимают не менее пятикратной ширины канала по урезу воды при  $Q_n$ .

**Требования, предъявляемые к каналам.** Поперечное сечение и продольный профиль канала должен обеспечивать бесперебойную плановую подачу воды на поля; неразмываемость и незаиляемость русла; минимальную фильтрацию воды; максимальную пропускную способность; устойчивость русла, возможность строительства канала существующими машинами и орудиями.

Для обеспечения неразмываемости русла средние скорости воды не должны превышать предельных значений размывающих скоростей (табл. 22).

Поступающая в канал вода обычно содержит наносы. Если они будут оседать в канале, то сечение канала и соответственно пропускная способность уменьшатся и потребуются их чистка. Например, в республиках Средней Азии ежегодно из оросительных каналов вынимается свыше 30 млн.  $m^3$  наносов. Поэтому скорость течения воды в каналах должна быть такой, при которой наносы не оседают, а транспортируются вместе с водой.

Незаиляющая скорость течения воды, при которой не выпадают взвешенные наносы, приближенно определяется по формуле:

$$v_3 = A Q_n^{0,2} \text{ м/сек}, \quad (I-84)$$

где  $Q_n$  — нормальный расход брутто (стандартный),  $m^3/\text{сек}$ ;  
 $A$  — коэффициент, зависящий от средневзвешенной гидравлической крупности наносов всех фракций —  $W$ , несомых потоком.

При  $W < 1,5 \text{ мм/сек}$  значение  $A = 0,38$ , при  $W = 1,5—3,5 \text{ мм/сек}$   $A = 0,44$ , при  $W > 3,5 \text{ мм/сек}$   $A = 0,55$ .

Расчетное значение средней скорости при нормальном расходе должно превышать значение критической скорости на заиле-

Предельные неразмывающие скорости в каналах при  $R=1$  м

Грунт и облицовка	Допускаемая скорость, м/сек	Грунт и облицовка	Допускаемая скорость, м/сек
Каналы в земляном русле		Осоково-гипновый хорошо разложившийся (более 55%) . . . . .	
Ил, буза, илистый грунт	0,20—0,30		0,6
Песок:		Осоково-гипновый слабо разложившийся (до 35%) . . . . .	
мелкий . . . . .	0,35—0,45		0,9
средний . . . . .	0,45—0,60	Сфагновый хорошо разложившийся (более 55%) . . . . .	
крупный . . . . .	0,60—0,75		0,7
Гравий:		Сфагновый слабо разложившийся (до 35%) . . . . .	
мелкий . . . . .	0,75—0,90		1,2
крупный . . . . .	1,1—1,30	Сфагновый пушицевый слабо разложившийся (до 35%) . . . . .	
Галька:			1,5
мелкая . . . . .	1,30—1,40	Каналы с одеждой	
крупная . . . . .	1,80—2,20	Бетонная одежда . . . . .	
Суглинок:			8,0
легкий . . . . .	0,40—0,90	Бутовая и кирпичная кладка на цементном растворе . . . . .	
средний . . . . .	0,45—1,00		4,0
тяжелый . . . . .	0,50—1,20	Одиночная мостовая . . . . .	
Глина с объемным весом до 1,5 т/м <sup>3</sup>			2,5—3,25
То же, выше 1,5 т/м <sup>3</sup>	0,90—1,25	Двойная мостовая . . . . .	
Торф:			3,25—3,5
древесный . . . . .	0,4	Хворостяное покрытие . . . . .	
хвошевой . . . . .	0,8		1,5—2,0
		Одерновка плашмя . . . . .	
			1,0—1,5

Примечания. 1. Если гидравлический радиус канала больше или меньше 1 м, значение допускаемой скорости для каналов с расходом больше 0,2 м<sup>3</sup>/сек надо умножить на  $\sqrt[3]{R}$ . Меньшие значения допускаемой скорости принимаются для менее связных грунтов и грунтов, имеющих меньший объемный вес. 2. В каналах, построенных в лессовидных суглинках на землях нового орошения, в первые месяцы их работы пропускаемый расход воды должен быть снижен до предела, при котором скорости уменьшаются на 20%. 3. В каналах, дно и откосы которых закреплены растительностью, допускаемые скорости можно повысить на 10—15%. 4. Для каналов водосборно-сбросной и коллекторно-дренажной сетей указанные величины скоростей для минеральных грунтов могут быть увеличены на 10%, а для редкодйссующих сбросов — на 20%.

ние не менее, чем на 10%. Для постоянных каналов минимальную скорость не следует принимать меньше 0,3 м/сек. При орошении из водохранилища или осветленной водой минимальная скорость допускается до 0,2 м/сек.

Минимальная фильтрация воды из каналов, работающих без подпора, будет при наиболее выгодном соотношении между

шириной канала по дну  $b$ , его глубиной  $h$  и коэффициентом заложения откоса  $\varphi$ , которое определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{b}{h} = 2 \left( \lambda \sqrt{1 + \varphi^2} - \varphi \right), \quad (I-85)$$

где  $\lambda = 1,1-1,4$  — коэффициент поправки на капиллярное боковое поглощение воды в откосы канала.

Наибольшая пропускная способность канала при заданной площади поперечного сечения будет в канале, имеющем гидравлически наивыгоднейшее сечение, то есть при

$$\alpha = \frac{b}{h} = 2 \left( \sqrt{1 + \varphi^2} - \varphi \right). \quad (I-86)$$

Русло в процессе эксплуатации должно быть устойчивым, то есть оно не должно размываться, заиляться, опускаться, откосы канала не должны оползаться, осыпаться и т. д. Для выполнения этого условия надо запроектировать и построить правильное поперечное сечение канала и придать ему наиболее целесообразные уклоны в соответствии с рельефом, грунтами и режимом работы канала.

Каналы в открытых оросительных системах делают земляными, трапецидальной формы в выемке, в полувыемке-полунасыпи и в насыпи.

Устойчивое сечение оросительных каналов по результатам статистической обработки обследованных каналов бывает при

$$b = (3Q^{0,25} - \varphi) h. \quad (I-87)$$

Предварительно глубину воды в канале  $h$  можно определять также по формуле  $h = 0,85 \sqrt[3]{Q}$ . Практически принимают: при  $Q < 1 \text{ м}^3/\text{сек}$   $b = (1-2)h$ , при  $Q = 1-3 \text{ м}^3/\text{сек}$   $b = (1-3)h$ , при  $Q = 3-5 \text{ м}^3/\text{сек}$   $b = (2-6)h$ .

Ширину канала по дну при  $Q > 1 \text{ м}^3/\text{сек}$  стандартизируют и принимают: 1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0 м и т. д.

Неглубокие широкие каналы более устойчивы против размыва, лучше в эксплуатации и строительстве, чем узкие и глубокие. Но они имеют следующие недостатки: размеры сооружений на каналах больше, скорости движения воды меньше, каналы зарастают быстрее, противофильтрационные одежды дороже, чем на узких и глубоких каналах.

Чтобы откосы канала не осыпались, они должны быть положе угла естественного откоса грунта. Минимальные значения коэффициента откоса зависят от грунта, слагающего и подстилающего русло канала, от расхода воды в канале, от условий производства работ (табл. 23 и 24).

## Заложение откосов каналов

Грунты	Заложение откосов	
	подводных	надводных (выше бермы)
Полускальный водостойкий грунт . . . . .	0,5—1	0,5
Галечник и гравий с песком . . . . .	1,25—1,5	1
Глина, суглинок, тяжелый и средний и торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими грунтами	1—1,5	0,5—1
Суглинок легкий, супесь и торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими грунтами . . . . .	1,25—2	1—1,5
Песок крупно- и среднезернистый и торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими грунтами	1,25—2,25	1,5
Песок мелкозернистый и торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими грунтами . . . . .	1,5—2,5	2
Пески пылеватые . . . . .	3—3,5	2,5

ТАБЛИЦА 24

## Заложение наружных откосов дамб

Грунты	Заложение откосов
Глина, суглинок тяжелый и средний	0,75—1
Суглинок легкий . . . . .	1—1,25
Супесь . . . . .	1—1,5
Песок . . . . .	1,25—2

Примечания. 1. Первое значение для каналов с расходом менее 0,5 м<sup>3</sup>/сек, второе — для каналов с расходом более 10 м<sup>3</sup>/сек.

2. Заложения внутренних и наружных откосов каналов могут быть увеличены по сравнению с табличными в том случае, когда это требуется по условиям применения прогрессивных методов производства строительных работ.

Превышение берм и бровки дамбы в каналах над форсированным горизонтом воды  $\Delta$  и ширина дамб поверху  $d$  в каналах принимается по таблице 25.

ТАБЛИЦА 25

Значения  $\Delta$  и  $d$  для оросительных каналов

Расход воды в канале, м <sup>3</sup> /сек	Земляные каналы		Значение $\Delta$ для каналов с одеждой, м
	$\Delta$ , м	$d$ , м	
Менее 1	0,2	0,5—1	0,1—0,15
1—10	0,3	1—1,5	0,20
10—30	0,4	1,5—2	0,30
30—50	0,5	2—2,5	0,35



При выемках глубиной более 5 м через каждые 5 м по высоте устраивают бермы шириной не менее 1 м.

Если берма или гребень дамбы используется для устройства дороги, то их ширина определяется габаритами дороги.

Резервы около внутрихозяйственных распределителей заравнивают, отвалы грунта из каналов разравнивают.

Расстояние между подошвой откоса канала и бровкой внешнего резерва принимают 1,5 м при глубине резерва до 0,5 м и 3,0 м при глубине резерва до 1,0 м. Воду из внешних резервов отводят в водосбросную сеть.

**Конструкция каналов.** Поперечные профили каналов имеют форму трапеции и по мере удаления от головного сооружения к полям размеры их уменьшаются. Холостая часть магистрального канала и распределители, трассируемые по водоразделам или на крутых склонах, и сбросные каналы строятся обычно в выемке (рис. 38, а). Большинство распределителей и временные оросители располагаются в полувыемке-полунасыпи (рис. 38, б). При пересечении лощин, долин, а также на участках с очень малыми уклонами каналы строят в насыпи (рис. 38, в).

**Канал в выемке.** При сплошной выемке выгоднее строить гидравлически наиболее выгодное сечение, так как оно дает минимум земляных работ. Откосы канала выше бермы делают возможно круче с минимальным коэффициентом откоса, откосы кавальеров делают пологими — 1,5—2,0. Ширину бермы принимают равной  $d = \frac{t-H}{2}$ , где  $(t-H)$  — глубина выемки над бермой, но не менее 1 м. Во избежание больших потерь воды выемка не должна доходить до водопроницаемых пород.

**Канал в полувыемке-полунасыпи.** Наилучшим сечением будет такое, при котором объем выемки равен объему насыпи двух дамб плюс 10—30% на

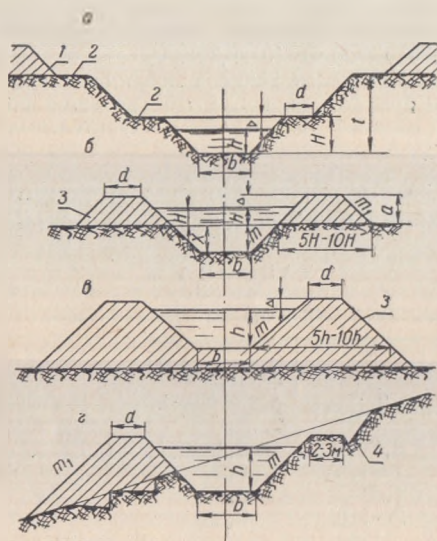


Рис. 38. Поперечные сечения оросительных каналов:

а — в выемке; б — в полувыемке-полунасыпи; в — в насыпи; а — на склоне; 1 — кавальер; 2 — берма; 3 — дамба; 4 — нагорная канава.

осадку грунта. При осадке грунта, равной 20%, глубина выемки  $x$  определяется из уравнения:

$$(b + m x) x = 2,4 \left( d + \frac{m + m_1}{2} \cdot a \right) a. \quad (I-88)$$

Ширину дамб поверх  $d$  принимают по таблице 25, ширина основания дамб должна быть от  $5H$  до  $10H$ , в зависимости от водопроницаемости грунта.

Канал в насыпи имеет следующие недостатки: он дороже каналов в выемке, возможен прорыв воды через насыпь и при их насыпке образуются резервы, которые уменьшают орошаемую площадь и служат рассадником сорняков, вредителей и болезней сельскохозяйственных растений.

Внутренние и особенно наружные откосы каналов в насыпи делают положе, чем в выемке. Ширина дамбы на уровне дна канала принимается для глинистых грунтов  $5h$  для песчаных  $10h$ , где  $h$  — глубина воды в канале.

Канал на склоне. Если канал проходит по крутому склону и не может быть построен полностью в выемке, то с нижней стороны насыпают дамбу (рис. 38, *г*). Желательно, чтобы живое сечение канала располагалось в выемке. Откосы дамбы принимают 1,5—2,0. На косогоре с уклоном более 0,1 основание дамбы делается уступами. С нагорной стороны делают берму шириной 2—3 м с нагорной канавой. Очень важно предусмотреть и устранить возможность оползания откосов и дамб от увлажнения подстилающих слоев, от давления кавальеров и других причин.

Деформации каналов происходят в основном вследствие просадок лессового грунта после насыщения его водой. В пористых грунтах губчатого строения под действием воды цементирующие вещества теряют свою жесткость, частицы уплотняются и грунт начинает занимать все меньший и меньший объем, приобретая более плотное строение. Грунты оседают также вследствие выщелачивания воднорастворимых солей, растворения гипса и извести. Просадка грунта образуется также и от давления на грунт. При давлении 3—5  $кг/см^2$  сильнопористые грунты дают наибольшую просадку. Просадки достигают глубины до 2 м и длины до 100 м вдоль каналов, образуя целые озера. В зависимости от грунта просадка наступает через несколько дней или недель после пуска воды и прекращается по затухающей кривой через 2—4 года.

Перед проектированием надо установить возможность просадок и, если она обнаружена, при проектировании и строительстве принять меры для предупреждения вредного влияния просадок.

Борьбу с просадками ведут двумя путями: предупреждают возможность просадки путем устройства антифильтрационных

следж или закрытой сети, процесс просадки ускоряют и ведут его так, чтобы был наименьший ущерб для строительства и сооружения. В этом случае выполняют следующее: предварительно замачивают грунт по трассе канала и сооружений, дно каналов располагают заведомо выше проектного на величину просадки, с тем чтобы после просадки оно заняло нужное положение, фундамент сооружений опирают на грунт, который не оседает, на период просадки грунта применяют временные деревянные сооружения, тщательно промачивают и уплотняют грунт при строительстве и др.

**Гидравлический расчет каналов.** При проектировании оросительных каналов решают следующие задачи:

1. Определяют размеры трапецидального сечения канала (ширину по дну  $b$ , глубину воды  $h$ , заложение откосов  $\varphi$ ) для пропуска нормального расчетного расхода брутто  $Q_{н}^{бр}$ , если уклон канала, определенный на продольном профиле, равен  $I$ ;

2. Определяют глубину воды в канале при пропуске максимального расчетного расхода  $Q_{макс}^{бр}$  и минимального расчетного расхода брутто  $Q_{мин}^{бр}$ , если ширина канала  $b$  и заложение откосов рассчитаны на пропуск нормального расчетного расхода;

3. Определяют максимальный допустимый уклон канала  $I_{доп}$  на пропуск максимального расчетного расхода брутто, если допустимая скорость на размыв равна  $v_{доп}$ .

4. Определяют пропускную способность канала заданного сечения с уклоном  $I$ .

Каналы трапецидального сечения рассчитывают по формулам равномерного движения.

Расход  $Q = \omega v$ , скорость  $v = C \sqrt{Ri}$ , площадь живого сечения  $\omega = (b + \varphi h)h$ , смоченный периметр  $\chi = b + 2h\sqrt{1 + \varphi^2}$ , гидравлический радиус  $R = \frac{\omega}{\chi}$ , скоростной коэффициент  $C = \frac{R^y}{n}$ , при  $Q <$

$< 1 \text{ м}^3 \text{ с} = 1,5 \sqrt{n}$ , при  $Q > 1 \text{ м}^3 \text{ с} = 1,3 \sqrt{n}$ . Значения коэффициента шероховатости  $n$  по Н. Н. Павловскому принимают по таблице 26.

Гидравлические элементы магистрального канала, его ветвей, межхозяйственных и хозяйственных распределителей в практике проектирования оросительных систем рассчитывают на нормальный расход брутто. Превышение дамб и берм над горизонтом воды в канале и проверку канала на неразмываемость определяют по форсированному расходу. Командование над боковыми каналами, назначение места постройки подпорных сооружений и проверку на незаиляемость определяют по минимальному расходу. Во всех расчетах принимают одно значение коэффициента шероховатости. Постоянные внутрихозяйственные

Значение коэффициентов шероховатости

Характеристика русла	Значения $n$	
	оросительных каналов	коллекторно-дренажных и осушительных каналов
<i>Каналы в земляном русле</i>		
Каналы, рассчитываемые на пропуск расхода больше $25 \text{ м}^3/\text{сек}$ :		
а) в связных и песчаных грунтах и торфах . . . . .	0,02	0,025
б) в гравелисто-галечных грунтах . . . . .	0,0225	0,0275
Каналы, рассчитываемые на пропуск расхода от 25 до $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ :		
а) в связных и песчаных грунтах и торфах . . . . .	0,0225	0,03
б) в гравелисто-галечных грунтах . . . . .	0,025	0,035
Каналы, рассчитываемые на пропуск расхода меньше $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ . . . . .		
Каналы постоянной сети периодического действия	0,025	0,035
Временные оросители . . . . .	0,0275	—
Водообходы лиманов при одернованной поверхности . . . . .	0,03	—
Водообходы лиманов при одернованной поверхности . . . . .	0,04	—
<i>Каналы с одеждой</i>		
Сборные железобетонные лотки . . . . .	0,012—0,014	
Грубая бетонная облицовка . . . . .	0,015—0,017	
Булыжная мостовая . . . . .	0,02 —0,025	
Бутовая кладка на цементном растворе . . . . .	0,017—0,03	—
Асфальто-битумное покрытие . . . . .	0,013—0,016	
Одернованное русло . . . . .	0,03 —0,035	

каналы рассчитывают только на нормальный и минимальный расходы. Временные оросители проверяют на размыв и командование только по  $Q_n$ .

## § 22. Лотковая сеть

**Назначение и условия применения.** Лотковую оросительную сеть применяют для устранения потерь воды на фильтрацию, для повышения к. п. д. оросительных систем и повышения производительности труда на поливных землях.

Лотки рекомендуется применять на землях с неблагоприятными топографическими и гидрогеологическими условиями, например на участках каналов, проходящих в насыпи; на участках со скальными, фильтрующими и просадочными грунтами; на косогорах, на которых возможны оползни; на участках с близким залеганием грунтовых вод.

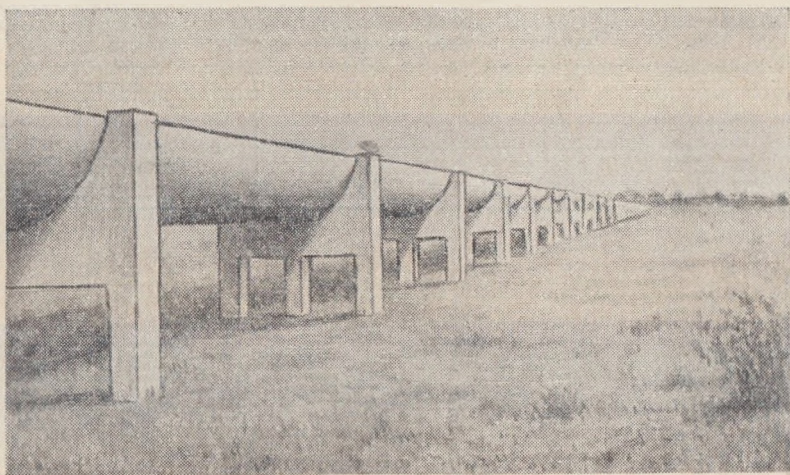


Рис. 39. Канал-лоток.

**Конструкция и расположение лотковой сети.** В практике ирригационного строительства применяют железобетонные (М300) лотки параболического, полуциркульного, прямоугольного и трапецеидального сечения с толщиной стенок 5—8 см, длиной блоков от 2—3 до 6—9 м с напряженной и ненапряженной арматурой. Глубину лотков принимают 30, 40, 60, 80, 120, 140, 160, 180 см. Опоры для лотка делают рамного типа из трех железобетонных блоков: седла, стоек и фундамента. Выступающие уголки и стержни сваривают и замоноличивают бетоном на стройплощадке до их установки. Лоток опирают концами на седло опоры (рис. 39).

Долговечность и водонепроницаемость каналов-лотков в основном зависит от прочности и водонепроницаемости шва, который делается на опорах в месте соединения лотков.

В Молдавской ССР швы заделывают следующим образом. Сначала битумной эмульсией (25% битума и 75% бензина) покрывают поверхность шва, затем между опорой и лотком укладывают пеньковый канат и зазор заполняют горячей битумной мастикой.

Скорость течения воды в лотках допускается в пределах 0,5—5 м/сек и принимают ее не менее критической на заиливание. Пропускная способность лотков зависит от уклона и глубины лотка (табл. 27).

При лотковой оросительной сети каналы с расходом более 5 м<sup>3</sup>/сек, как правило, делают в земляном русле, применяя противофильтрационные покрытия из бетона, железобетона, поли-

Пропускная способность железобетонных лотков параболического сечения,  $\text{м}^3/\text{сек}$ 

Глубина лотка, м	Уклон лотка						
	0,0002	0,0005	0,001	0,003	0,005	0,01	0,015
0,40	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0,60	0,2	0,4	0,6	1,0	1,3	1,8	2,3
0,80	0,4	0,7	1,1	1,8	2,3	3,3	4,1
1,00	0,8	1,2	1,7	2,8	3,7	5,2	6,4
1,40	1,4	2,4	3,2	5,6	7,2	10,0	12,0
1,80	2,2	3,1	5,0	8,8	11,4	16,0	—

гипса и других материалов. Расположение лотковой сети должно быть увязано с техникой полива. Распределители-лотки, как правило, укладывают по наибольшему уклону местности, чтобы уменьшить поперечное сечение и иметь двухстороннее командование. Расстояние между лотковыми участковыми распределителями принимают не менее 1 км. В сложных топографических условиях это расстояние может быть уменьшено до 0,5 км. Конструкцию лотков и опор принимают по типовым проектам.

**Преимущества и недостатки лотковой сети.** Лотковая сеть имеет следующие преимущества перед бетонными и железобетонными облицовками каналов.

1. Каналы-лотки прочны, устойчивы, водонепроницаемы. Стыковые швы, заполненные битумной мастикой или прокладкой пенькового каната с последующей заливкой битумом, водонепроницаемы, температуроустойчивы, доступны к осмотру и ремонту. Каналы-лотки полностью исключают потерю воды на фильтрацию.

2. Лотковые каналы не требуют устройства насыпей, а следовательно, и заложения резервов, что повышает коэффициент земельного использования.

3. Строительная стоимость лотковых каналов при расходах больше 300 л/сек ниже стоимости каналов с монолитной облицовкой. Затраты труда на строительстве лотков-каналов в 5—6 раз ниже, чем на облицовку каналов, так как все детали лотка изготовляют на заводах и полигонах.

4. Эксплуатационные затраты на лотки-каналы в 2—3 раза ниже по сравнению с земляными.

Лотки целесообразно применять при расходах до 5  $\text{м}^3/\text{сек}$ .

Недостатки лотков-каналов: 1) забор воды из лотков-каналов по временные оросители пока что не имеет удовлетворительного решения; при скорости воды 1,5—2,0  $\text{м}/\text{сек}$  забор воды из лотка сифонами невозможен; 2) не устраняются потери воды на сброс; 3) сеть каналов-лотков стесняет механизацию полевых работ.

## § 23. Закрытые и комбинированные оросительные системы

В закрытых оросительных системах вода транспортируется под напором по трубопроводам. В зависимости от способа подачи воды в трубопроводы они подразделяются на два типа: 1) с механической подачей воды в закрытую сеть; 2) с самотечно-напорной полностью закрытой или комбинированной сетью. Закрытые сети в зависимости от напора подразделяются на низконапорные (для короткоструйных дождевальных машин), средненапорные (для среднеструйных) и высоконапорные (для дальнеструйных).

Составные элементы закрытой системы с механической подачей воды следующие (рис. 40): 1) источник орошения; 2) насосная станция; 3) сеть закрытых трубопроводов, которые делятся на: а) магистральный или хозяйственный (ХТ) трубопровод, транспортирующий воду от источника до распределительных трубопроводов; б) распределительные трубопроводы (РТ) различных порядков, подающие воду в участковые трубопроводы; в) участковые трубопроводы (УТ), подающие воду в поливные водоводы, дождевальные и поливные машины; 4) дождевальные и поливные машины, переносные поливные водоводы; 5) регулирующая водомерная и запорная арматура; 6) линейные сооружения на трубопроводах по переходу через каналы, дороги, овраги, балки; 7) сбросные устройства и отводящие каналы.

Насосная станция подает воду из водоисточника в напорные подземные трубопроводы, из которых вода через гидранты выводится на поверхность и дождевальными машинами или поливными трубопроводами распределяется по полю.

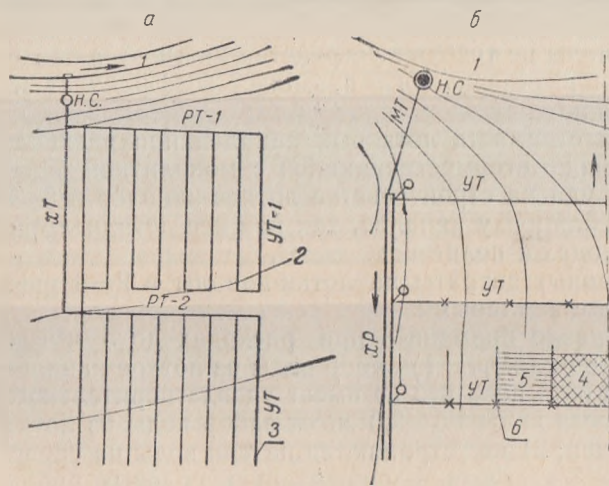


Рис. 40. Схема закрытой (а) и комбинированной (б) оросительных систем с расположением участковых трубопроводов по наибольшему уклону:

1 — водоисточник; 2 — участковые трубопроводы (УТ) закольцованы; 3 — участковые трубопроводы расположены по тупиковой схеме; 4 — поливная площадь; 5 — поливаемый участок из поливного трубопровода; 6 — гидранты.

Закрытые системы применяют для устранения фильтрационных потерь воды, повышения к. п. д. оросительных систем и производительности труда на поливных землях, а также для обеспечения автоматизации и телеуправления поливами.

Механическая подача воды в закрытую сеть производится в случаях, когда: 1) уровень воды в источнике орошения ниже орошаемой поверхности; 2) уклон орошаемых площадей менее 0,002—0,003 при самотечных поливах и менее 0,010—0,015 при поливе низконапорными системами дождевания. В остальных случаях рекомендуется самонапорная закрытая система, то есть вода самотеком поступает в трубы и движется под действием естественного напора. Закрытая система имеет большую длину труб на 1 га, поэтому она встречается редко. Для уменьшения длины трубопроводов на 1 га чаще всего применяют комбинированную сеть, состоящую из напорных трубопроводов и открытых каналов или лотков.

Сочетание закрытых трубопроводов и открытых каналов определяется местными условиями и технико-экономическими показателями. В практике применяют такие системы: а) в которых вода от водозабора до хозяйства подается по трубам, а внутрихозяйственная сеть сделана в виде открытых каналов и трубопроводов; б) в которых вода от водозабора до хозяйства подается открытыми каналами, а внутрихозяйственная сеть построена закрытой и др.

**Достоинства и недостатки закрытых систем.** Закрытые системы имеют следующие достоинства перед открытыми: нет потерь воды на фильтрацию и испарение из трубопроводов, следовательно, к. п. д. системы повышается до 0,98—0,99, уровень грунтовых вод не поднимается, вода используется экономно, расчетные расходы всех элементов системы значительно ниже, чем в открытых каналах; на поверхности орошения земель нет открытых каналов, следовательно, земля засеивается почти полностью, условия работы сельскохозяйственных машин и орудий лучше, чем при открытых каналах; облегчается распределение воды по орошаемой территории в сложных условиях рельефа, повышается производительность труда поливальщиков, значительно сокращается длина оросительной сети на 1 га орошаемой площади; естественный напор в системе может быть использован на движение воды в трубах, на получение электроэнергии и на автоматизацию поливной техники; закрытые системы позволяют рационализировать сельскохозяйственное водоснабжение на орошаемых землях. Существенным недостатком закрытых систем является огромная потребность в строительных материалах, главным образом в асбестоцементных и железобетонных трубах (80—85 м на 1 га).

**Принципы трассирования трубопроводов.** Расположение трубопроводов проектируют с учетом следующих общих требо-



ваний: суммарные годовые затраты на строительство и эксплуатацию трубопроводов и сооружений на принятой трассе должны быть минимальными; число пересечений трубопровода с железными дорогами, шоссе, оврагами, балками и другими препятствиями должно быть минимальным; по трассе не должно быть оползней грунта; избегать прокладки трубопровода без уклона; в нижних точках необходимо обеспечить выпуск воды и в верхних точках — выпуск воздуха; не допускать значительных переломов в профиле, так как в этих точках увеличивается напряжение в основании и в трубопроводе, для восприятия которых требуется строить опоры. При значительных скоплениях пара и воздуха в точках перелома снижается пропускная способность трубы и могут возникать гидравлические удары, которые разрушают стыки и трубы; если закрытая оросительная сеть используется для водоснабжения, то она должна удовлетворять санитарным нормам.

Плановое расположение трубопроводов должно отвечать требованиям принятой техники полива. В зависимости от рельефа имеются две схемы расположения трубопроводов.

В первой схеме магистральный трубопровод или магистральный канал трассируют с малым уклоном под острым углом к горизонталям. Распределительные трубопроводы первого порядка идут от него по наибольшему уклону, в основном перпендикулярно к горизонталям, а распределители-трубопроводы второго порядка располагаются в направлении горизонталей с необходимым уклоном.

Во второй схеме магистральный трубопровод или бетонированный канал трассируют по наибольшему уклону, от него распределители-трубопроводы первого порядка идут в направлении горизонталей, от последних отходят распределители второго порядка или участковые распределители по наибольшему уклону.

На каналах и трубопроводах, идущих по наибольшему уклону и имеющих достаточные расходы могут быть построены малые ГЭС. Участковые трубопроводы проектируют прямолинейными, параллельными друг другу и отходящими от распределительного трубопровода под прямым углом или близким к  $90^\circ$ . Расстояние между участковыми трубопроводами должно быть не менее 1 км и только в сложных рельефных условиях может быть уменьшено до 0,5 км. Для подачи воды из гидранта в дождевальными машинами применяются вспомогательные передвижные трубопроводы.

Длину и диаметр участковых трубопроводов назначают из условия получения максимальной длительности его работы. Расстояния между гидрантами на участковом распределителе принимают в соответствии с характеристикой дождевальной (поливной) машины и технологией полива.

Закрытая оросительная сеть должна быть, как правило, ту-пиковою и в особых случаях — кольцевой; выбор типа сети обосновывают технико-экономическими расчетами.

Для выпуска воды на поверхность на трубопроводах ставят гидранты. Напор в гидранте при поливе по бороздам должен быть около 0,5—1,0 м, при дождевании необходимо обеспечить потребный напор в насадках дождевальных машин. Для спуска воды из труб на зиму, для ремонта и для промывки труб от наносов в пониженных местах трубопровода ставят водоспуски, через которые вода сбрасывается в сбросной канал.

В самонапорной закрытой сети естественный уклон должен обеспечить движение воды и выпуск ее на поверхность с требуемым напором.

**Расчетный расход** воды закрытой оросительной сети определяют в соответствии с площадью орошения нетто  $\omega_{нт}$  и максимальной ординатой  $q$  графика гидромодуля:  $Q = q \omega_{нт}$ . Этот расход должен быть увязан с расходами одновременно работающих на трубопроводе дождевальных (поливных) машин.

Сумма расходов воды одновременно работающих дождевальных машин на распределительном трубопроводе может превышать расход  $Q = q \omega_{нт}$  на 15—25%.

Расход участкового трубопровода равен сумме расходов одновременно работающих на нем гидрантов или дождевальных машин. Расходы старших трубопроводов равны сумме расходов воды младших трубопроводов, получающих одновременно из него воду.

Коэффициент полезного действия принимают равным 0,98—0,99.

**Расчетные скорости воды.** В самонапорных закрытых системах диаметры труб рассчитывают на максимальные скорости, которые могут быть получены за счет естественного уклона местности. Однако, чтобы не допускать гидравлических ударов (например, при закрытии задвижек), максимальная скорость не должна быть выше 2,5—3,0 м/сек.

Минимальная скорость должна быть больше заиляющей, которая равна для осветленной воды 0,7—0,8 м/сек и для воды, содержащей песчаные наносы, — 0,90—1,60 м/сек.

При механической подаче воды принимается наимыгоднейшее значение скорости — около 1,0—1,2 м/сек, при которой суммарная стоимость капитальных и эксплуатационных затрат будет наименьшей.

Диаметр труб определяют по формулам:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q_{бр}}{v}}; h_{п} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} + \sum \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (I-89)$$

где  $Q_{бр}$  — расчетный расход брутто в рассчитываемом сечении, м<sup>3</sup>/сек;

- $v$  — наивыгоднейшее значение скорости, м/сек;  
 $l$  и  $d$  — длина и диаметр труб, м;  
 $h_{\text{п}}$  — потери напора, м;  
 $\lambda$  и  $\xi$  — коэффициенты сопротивления по длине труб и местные.

Для оросительной сети следует применять асбестоцементные, железобетонные и полиэтиленовые трубы. Металлические трубы принимают при внутреннем давлении больше 10 ат. Экономически наивыгоднейший диаметр труб ориентировочно принимают по графику (рис. 41, а), более точно определяют сметно-финансовым расчетом строительной  $C$  и эксплуатационной  $\mathcal{E}$  стоимости при нескольких диаметрах труб (рис. 41, б). Кривые  $C$  и  $\mathcal{E}$  показывают, что с увеличением диаметра труб повышается строительная стоимость и уменьшаются эксплуатационные затраты. Верхняя кривая  $S$  показывает суммарные затраты. Точка пересечения кривых получается при наивыгоднейшем диаметре, при котором суммарные затраты оказываются наименьшими.

**Расчет напора.** Необходимый остаточный напор в конце гидранта при самотечном поливе должен быть равен напору, необходимому для подачи воды в поливной трубопровод или гибкий рукав. При поливе дождеванием он должен обеспечить требуемый напор в насадке.

Фактический остаточный напор воды  $H_{\text{факт}}$  (рис. 42) в конце наиболее удаленного от головы участкового трубопровода и напор в голове участкового трубопровода  $H_y$  равны:

$$H_{\text{факт}} = H_y + l_y I_y - h_y - z_y \text{ м}; \quad (\text{I}-90)$$

$$H_y = H_m + l_m I_m - h_m + l_x I_x - h_x, \quad (\text{I}-91)$$

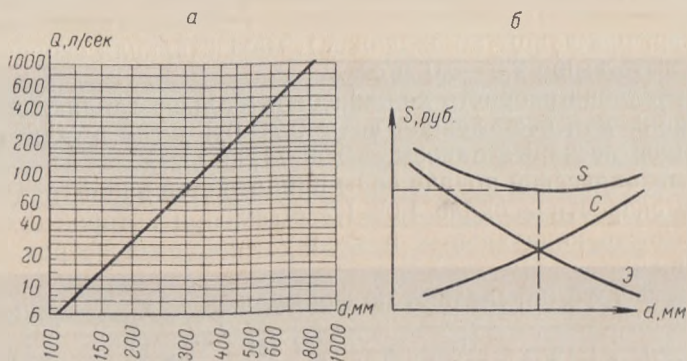


Рис. 41. График для определения экономически наивыгоднейшего диаметра труб:

а — ориентировочно; б — точно, по данным сметно-финансового расчета.

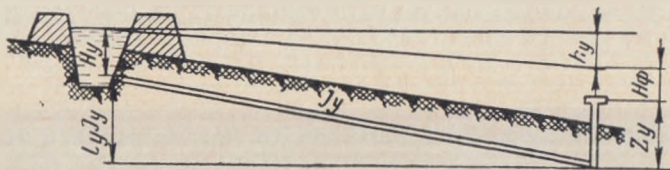


Рис. 42. Расчетная схема определения остаточного напора в конце участкового трубопровода.

где  $l_y I_y$ ,  $l_x I_x$ ,  $l_m I_m$  — падение по длине участкового, хозяйственного и межхозяйственного трубопроводов (при подъеме местности  $I$  имеет знак минус);

$h_y$ ,  $h_x$ ,  $h_m$  — потери напора в участковом, хозяйственном, межхозяйственном трубопроводах;

$z_y$  — превышение верха гидранта (ось трубы) над осью участкового трубопровода;

$H_m$  — напор в голове межхозяйственного трубопровода, который при заборе воды из открытого канала равен:

$$H_m = z_m + H_o,$$

где  $H_o$  — превышение горизонта воды в канале над поверхностью земли;

$z_m$  — глубина заложения межхозяйственного трубопровода.

Из приведенных выражений (1—90) и (1—91) фактический остаточный напор в наиболее невыгодном гидранте равен:

$$H_{\text{факт}} = H_o + \Sigma II - \Sigma h_{\text{п}} + z_m - z_y. \quad (1-92)$$

Если  $H_{\text{факт}}$  меньше необходимого остаточного напора  $H_n$ , то недостающий напор  $H_n - H_{\text{факт}}$  должен быть создан насосной станцией, если же фактический остаточный напор равен или больше необходимого, то насосная станция не нужна, закрытая сеть работает от естественного напора, то есть является самопирной.

Чтобы использовать естественный напор, участковые трубопроводы надо располагать по наибольшему уклону.

**Закрытые системы безнапорного типа.** В этих системах все наземные каналы заменены подземными трубами, которые работают неполным сечением. Вода в них течет самотеком по уклону (по типу канализационной сети). Для забора воды из труб строятся водозаборные колодцы. Подвижные дождевальные агрегаты забирают воду из этих колодцев и распыляют ее над поверхностью земли. Для регулирования движения воды на подземных трубопроводах ставят затворы.

Закрытую оросительную сеть выбирают на основании технико-экономического сопоставления ее с вариантами открытой или комбинированной сети в конкретных местных условиях.

#### § 24. Экономическая эффективность различных конструкций оросительной сети

При проектировании оросительных систем составляют несколько вариантов оросительной сети (открытая, закрытая, комбинированная) в комплексе с другими элементами оросительной системы. По каждому варианту иногда рассматривают подварианты. В результате предварительных проработок принимают наилучшие, для которых определяют следующие технико-экономические показатели: к. п. д. системы, коэффициент земельного использования, производительность труда на поливе, капитальные затраты средств, материалов и эксплуатационные расходы на 1 га, энергетические затраты на 1 га, себестоимость 1 м<sup>3</sup> воды на поле, дополнительный доход и срок окупаемости капиталовложений на строительство и освоение оросительной системы, а также рассматривают мелиоративное состояние орошаемых земель в перспективе на ближайшие годы. Если варианты отличаются друг от друга конструкцией оросительной сети на некоторых участках, то определяют экономические показатели для этих участков. В результате сравнения комплекса технических и экономических показателей принимают наилучший, который и рекомендуют к строительству. При предварительном выборе конструкций оросительной сети руководствуются достоинствами и недостатками каждой конструкции.

При определении технико-экономических показателей следует учитывать, что осуществление планового водопользования в закрытых системах значительно упрощается. Производительность труда трактористов дождевальных машин ДМ-100М или поливальщиков, которые поливают из поливных трубопроводов, в 5—6 раз больше, чем при поливе по бороздам. Это значительно снижает трудоемкость освоения поливных земель и очень важно в районах с недостаточной плотностью населения, так как значительно снижает затраты средств на освоение орошаемых земель.

К. п. д. закрытых и комбинированных оросительных систем составляет 0,75—0,95; капитальные затраты на их строительство и эксплуатационные расходы в сложных рельефных условиях в 1,5—2,0 раза ниже по сравнению с существующими открытыми системами.

Орошение из закрытых трубопроводов устраняет заболачивание и засоление земель, позволяет расширить площадь орошения в 2—3 раза при тех же расходах воды, что и при орошении из открытой сети.

Применение закрытой сети особенно эффективно в сложных топографических условиях, на сильно водопроницаемых и просадочных почвах, на участках с близким залеганием грунтовых вод и при низкой водообеспеченности орошаемых земель.

Сроки окупаемости капиталовложений на строительство и освоение оросительных систем при различной конструкции оросительной сети зависят от состава орошаемых сельскохозяйственных культур (хлопок, рис, кукуруза, овощи, ягодники, технические культуры), от культуры орошаемого земледелия, от конструкции оросительной сети и, следовательно, от стоимости капитальных и эксплуатационных затрат и других условий. Сметно-финансовые расчеты показывают, что капиталовложения на строительство и освоение оросительных систем окупаются обычно в первый же год, реже во второй год эксплуатации. Например, капиталовложения на орошение 2 млн. га в Заволжье из Саратовского водохранилища окупаются в 1,2 года (по проекту), а в Голодной степи фактические капиталовложения, почти вдвое большие, чем в Заволжье, окупаются полностью в первый же год освоения.

#### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 7.* Запроектировать внутрихозяйственную постоянную и временную оросительную сеть, дороги и лесонасаждения на участке, расположенном в районе Нижнего Дона. Определить расчетные расходы, потери воды и к. п. д. каналов.

Произвести гидравлический расчет каналов.

Сведения о почве, составе культур и режиме орошения берем из упражнения 4 — «Построение графика гидромодуля».

Длина участка с запада на восток — 3,5 км, ширина участка около 2,7 км (рис.43).

Источник орошения — крупный межхозяйственный распределитель, проходящий около северо-западной окраины участка.

Способ орошения — поверхностное орошение.

Проектирование оросительной сети начинаем с хозяйственного распределителя X-1, который проводим по северной границе участка. Для увеличения орошаемой площади проводим его с небольшим уклоном — 0,0005, который в дальнейшем проверяем гидравлическим расчетом.

От распределителя X-1 отходят три внутрихозяйственных распределителя X-1-2, X-1-4 и У-4. Последний в средней части имеет поворот под углом около 90°.

Расположение распределителей следующих порядков и оросителей тесно связано с техникой полива и будет различным для отдельных частей севооборота.

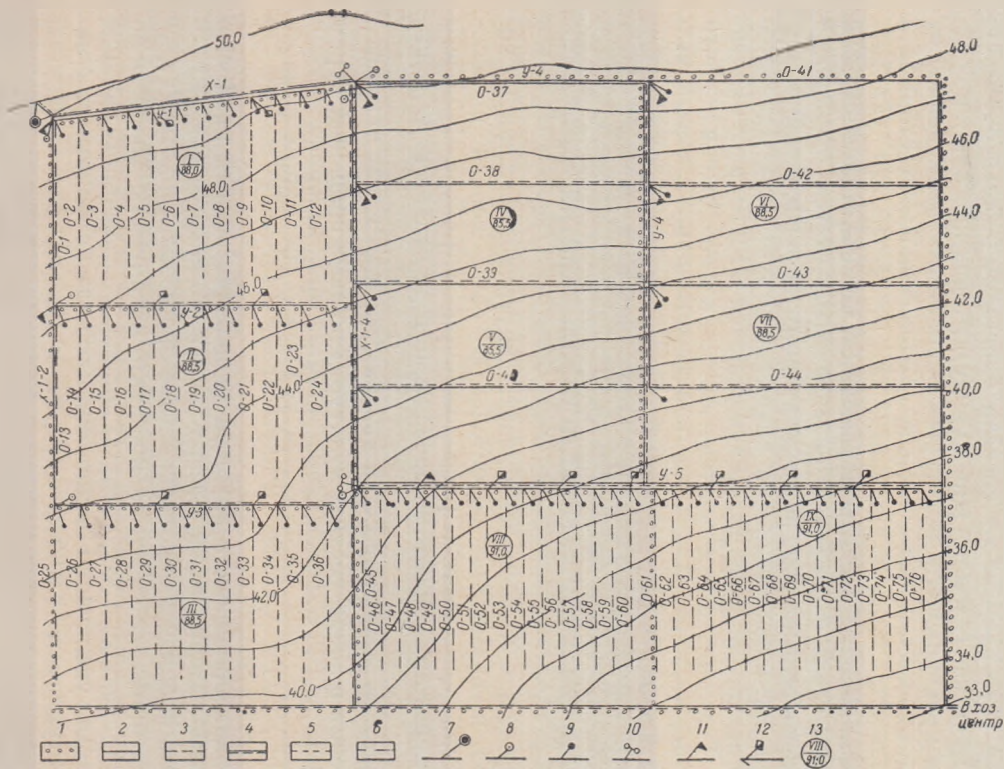


Рис. 43. План орошаемого участка:

1 — лесополосы; 2 — постоянные оросительные каналы; 3 — временные оросители; 4 — хозяйственные дороги; 5 — полевые дороги; 6 — эксплуатационные дороги; 7 — водовыпуск в хозяйственный распределитель; 8 — выпуск во внутрихозяйственный и участковый распределители; 9 — водовыпуски в ороситель; 10 — проезд; 11 — перепад; 12 — перемычка; 13 — номер поля и площадь поля нетто.

1. В западной части, обслуживаемой каналом X-1-2, рельеф спокойный и только к югу волнистый. Уклон поверхности меньше, чем на других участках, и в среднем равен 0,004.

На участке будет выполнена небольшая строительная планировка, и поэтому полив проектируется по обычным бороздам и полосам длиной до 100—130 м.

Принимаем продольную схему расположения оросителей с направлением их по наибольшему уклону.

Оросители будут получать воду из трех участковых распределителей — У-1, У-2, У-3, отходящих от распределителя X-1-2 и делящих западную часть на три поливных участка.

2. Земли, расположенные восточнее распределителя X-1-4, по условиям рельефа делятся, в свою очередь, на два участка:

а) северная часть со спокойным рельефом. Средний уклон поверхности 0,006 (колебания от 0,0045 до 0,007). На участке будет проведена капитальная планировка, после которой полив будет производиться по удлиненным бороздам и полосам длиной до 400 м.

Принимаем поперечную схему расположения временных оросителей. Оросители длиной до 1150 м проводятся поперек склона, а поливные борозды и полосы — вдоль склона. Каждый ороситель будет обслуживать участок площадью 46 га — такая площадь вполне достаточна для обособленного участка механизированной обработки, и поэтому оросители на этой площади проектируются постоянными. Оросители будут получать воду из распределителей X-1-4 и У-4;

б) юго-восточная часть имеет более сложный рельеф и уклоны поверхности доходят до 0,005.

На этой части можно применить как продольную, так и поперечную схемы, но при поперечной схеме необходимо иметь внутрихозяйственные распределители третьего порядка, что усложнило бы оросительную сеть и увеличило потери воды. Поэтому принимаем продольную сеть с оросителями, направленными примерно вдоль склона. Эта часть будет обслуживаться одним участковым распределителем У-5. Для уменьшения ветровой деятельности площадь, обслуживаемая распределителем, делится лесополосой на два поливных участка.

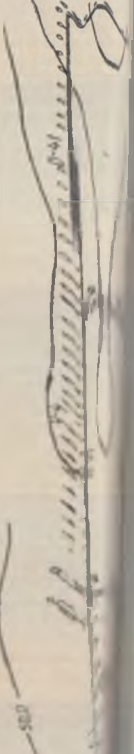
Наибольший уклон оросителей, расположенных под углом к горизонталям, будет не более 0,006.

При такой схеме оросительной сети вся площадь орошаемого участка делится на девять полей, расположенных на 13 поливных участках.

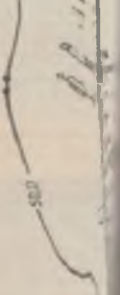
Учитывая благоприятный рельеф и отсутствие выключений, принимаем коэффициент земельного использования орошаемой площади  $K_{з.и} = 0,93$ . Данные о размерах полей и поливных участков сводим в таблицу 28.



189



188



и ожидаемо расход нетто временного оросителя:

$$Q_{в.о}^{нт} = \frac{Q_{у.р}^{нт}}{n} = \frac{205 \cdot 1}{4} = 51,3 \text{ л/сек.}$$

Коэффициент полезного действия временного оросителя приняты  $\eta = 0,95$ , тогда расход брутто оросителя:

$$Q_{в.о}^{бр} = \frac{Q_{в.о}^{нт}}{\eta_{в.о}} = \frac{51,3}{0,95} = 54 \text{ л/сек.}$$

**Расстояния между оросителями.** Расстояния между оросителями определим на примере поливного участка 13.

Размеры участка за вычетом полос под каналами, дорогами и лесополосами: длина  $L = 825 \text{ м}$ , ширина  $B = 1125 \text{ м}$ .

При продолжительности работы временного оросителя на поле пропашных культур  $t = 1$  сутки расстояние между временными оросителями найдем по формуле:

$$s_1 = \frac{86,4 Q_{в.о}^{нт} \cdot 10\,000 t}{mL} = \frac{86,4 \cdot 51,3 \cdot 10\,000 \cdot 1}{700 \cdot 825} = 76,7 \text{ м,}$$

где  $m$  — наибольшая поливная норма для вегетационного полива пропашных культур,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Ожидаемое число оросителей на поливном участке:

$$N_1 = \frac{B}{s_1} = \frac{1125}{76,7} = 14,7.$$

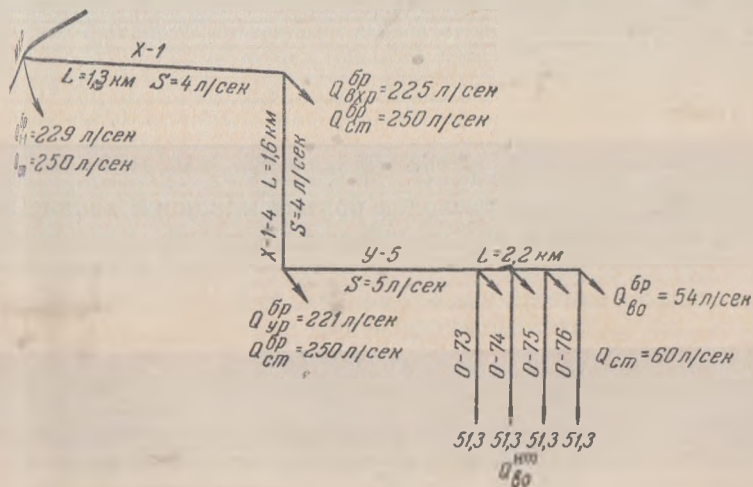


Рис. 44. Схема определения расчетных расходов каналов.

$Q_c^{нт}$  — расход нетто системы каналов (без потерь воды), равный сумме расходов нетто оросителей, одновременно действующих на всей оросительной системе или в системе данного канала.

Расчеты сводим в таблицу 30.

ТАБЛИЦА 30

Коэффициенты полезного действия каналов и системы каналов

Каналы	$Q_{кан}^{нт}$ л/сек	$Q_c^{нт}$ л/сек	$Q_{кан}^{бр}$ л/сек	$\eta_{кан}$	$\eta_c$
О-76	51,3	—	54,0	0,95	—
V-5	216,0	205,0	221,0	0,978	0,929
X-1-4	221,0	205,0	225,0	0,982	0,912
X-1	225,0	205,0	229,0	0,982	0,896

Коэффициент полезного действия системы хозяйственного распределителя можно также определить путем умножения коэффициентов полезного действия самого распределителя и младших каналов, последовательно получающих из него воду:

$$\eta_c^{xp} = \eta_{во} \eta_{ур} \eta_{вр} \eta_{хр} = 0,95 \cdot 0,978 \cdot 0,982 \cdot 0,982 = 0,896.$$

Таким образом, к. п. д. системы хозяйственного распределителя получился близким к 0,90, что позволяет не предусматривать строительных мероприятий по борьбе с фильтрацией воды из каналов.

**Продольные профили и гидравлический расчет каналов.** Построение продольных профилей и гидравлический расчет каналов ведем одновременно и в следующем порядке.

1. По отметкам, полученным с плана, вычерчиваем продольный профиль местности по оси канала.

2. В графу 5 профиля вписываем отметки форсированных горизонтов воды в голове младших каналов или нормальных горизонтов воды, если младшие каналы не форсируются\*.

3. На профиле проводим линию нормального горизонта воды с расчетом превышения ее над горизонтами воды в младших каналах не менее чем на 5 см, а в оросителях не менее чем на 10 см над поверхностью земли. При малых уклонах местности это превышение в оросителях следует увеличить до 10—15 см, при больших уклонах (более 0,007—0,010) можно уменьшить до 5—10 см.

Горизонт воды в канале проводим по возможности с одним уклоном, но при сложном рельефе, уклонов может быть несколько. При больших уклонах предусматриваем устройство перепадов.

\* В производственных проектах этой графы профиля часто нет.

Во избежание заиления в постоянных каналах следует избегать значительного уменьшения уклона вниз по течению.

4. Определяем уклон поверхности воды (и равный ему уклон дна) по формуле:

$$I = i = \frac{H_n - H_k}{l},$$

где  $H_n$  и  $H_k$  — отметки нормального горизонта воды в начале и в конце канала или участка канала с постоянным уклоном;

$l$  — длина расчетного участка канала, м.

5. Производим гидравлический расчет канала для определения размеров каналов и других гидравлических элементов.

Параллельно линии нормального горизонта воды проводим линию дна канала на расстоянии, равном глубине воды при  $Q_n$ . Откладывая вверх от дна глубину воды при  $Q_n$ , проводим линию форсированного горизонта воды. Одновременно вычисляем и записываем в соответствующие графы профиля отметки дна и форсированного горизонта воды. Отметки вычисляем по формуле:

$$H_2 = H_1 + \Delta H_{1-2} = H_1 + il \text{ м},$$

где  $H_1$  и  $H_2$  — отметки дна или г. в. в начальной и последующих точках (пикетах);

$l$  — расстояние между точками (пикетами).

6. Проводим линию бровки дамбы с превышением ее над ф. г. в., а во внутрихозяйственных каналах над н. г. в. на 0,10—0,40 м (см. табл. 25).

7. Определяем глубину выемки, высоту насыпи, вычерчиваем план трассы, поперечные сечения канала и составляем таблицу гидравлических элементов, показываем условными знаками места сооружений и сопряжение со старшим каналом.

8. Чертим угловой штамп и условные обозначения.

Наиболее удобный масштаб для профиля: горизонтальный 1 : 10 000, вертикальный 1 : 100, для сечений — 1 : 50, 1 : 100.

В рассматриваемом примере продольные профили составлены для каналов, по которым определялись потери и расходы воды (рис. 45, 46, 47 и 48).

Для гидравлического расчета величину расходов округляем в большую сторону до стандартных величин. При расчете хозяйственный распределитель принимается постоянно действующим, остальные — каналами периодического действия.

При расчете принимаем следующие условия проектирования (табл. 31).

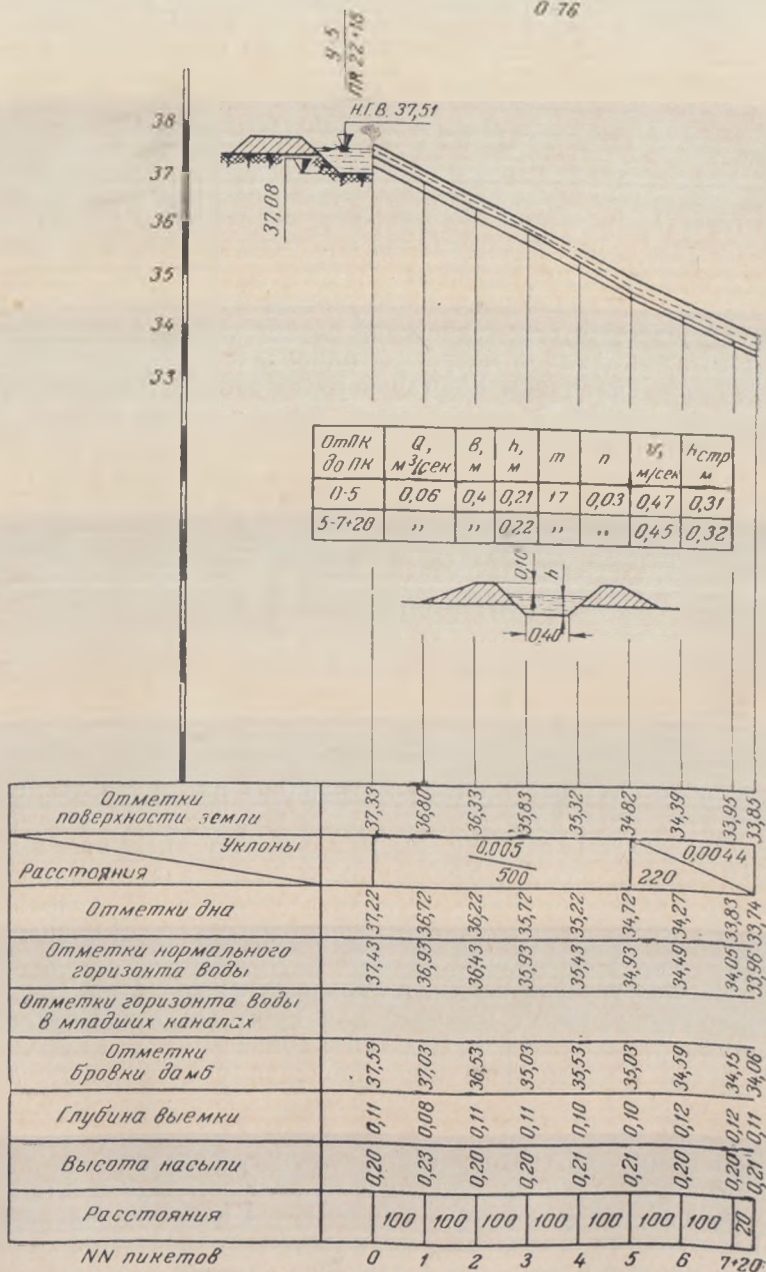


Рис. 45. Продольный профиль временного оросителя О-76.

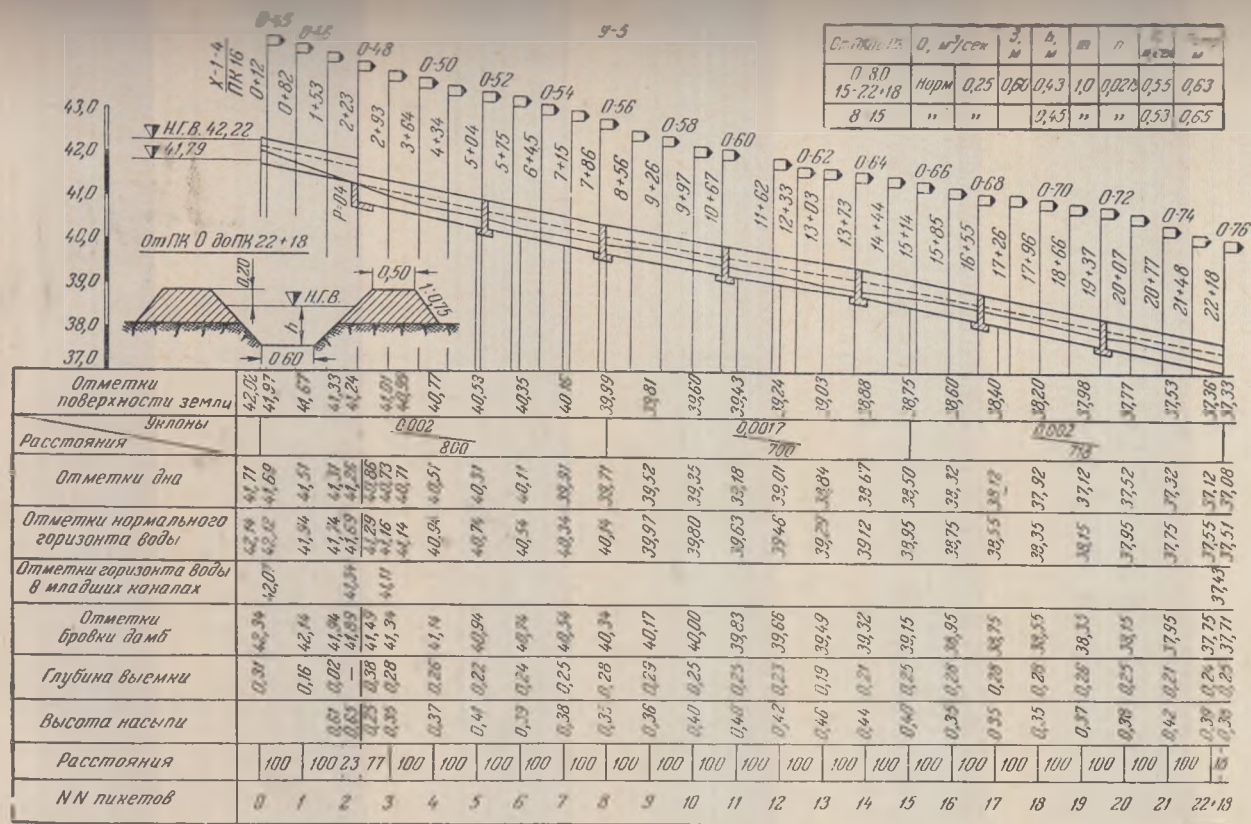


Рис. 46. Продольный профиль участкового распределителя У-5.

При назначении размеров каналов необходимо пользоваться типовыми сечениями каналов, а также можно применять следующие соотношения между элементами правильно запроектированных каналов.

Глубина заполнения канала:  $h = A \sqrt[4]{Q} = 0,85 \sqrt[4]{0,25} = 0,54 \text{ м};$

$$\frac{b}{h} = 3 \sqrt[4]{Q} - m = 3 \sqrt[4]{0,25} - 1 = 1,12;$$

$$b = 1,12 \cdot 0,54 = 0,61 \text{ м}.$$

Принимаем ближайшую стандартную величину ширины канала по дну  $b = 0,60 \text{ м}.$

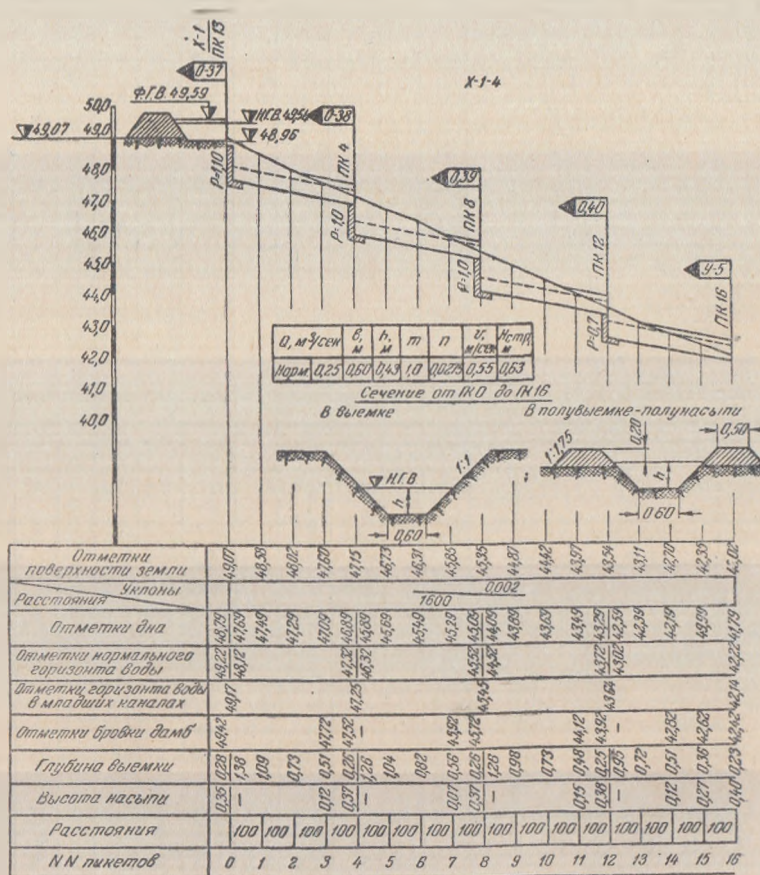


Рис. 47. Продольный профиль внутрихозяйственного распределителя X-1<sup>4</sup>.

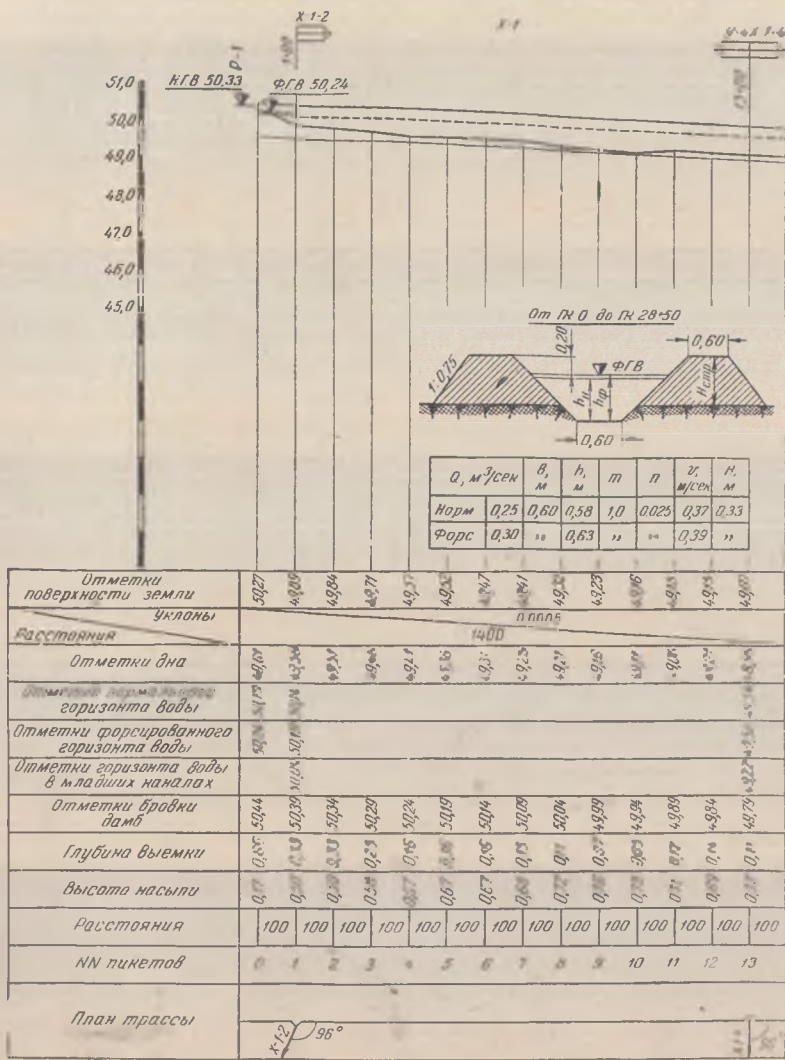


Рис. 48. Продольный профиль хозяйственного распределителя X-1.



Технические условия, принятые при проектировании каналов

Каналы	Грунт	Заложение откосов		Коэффициент шероховатости, $n$	Запас на максимальным г. в., $ж$	Ширина дамо по верху, $ж$	Неразмывающая скорость $v$ при $R=1$ м, $м/сек$
		внутренний	внешний				
X-1	Тяжелый сугли-	1,0	0,75	0,025	0,20	0,60	0,90
X-1-4	нок, объемный	1,0	0,75	0,025	0,20	0,50	0,90
У-5	вес $1,5 т/м^3$	1,0	0,75	0,025	0,20	0,50	0,90
О-76		1,0	0,75	0,030	0,10	0,40	0,50

независимо  
от гидравли-  
ческого радиу-  
са

Окончательную глубину канала, с учетом значения уклона и коэффициента шероховатости, найдем подбором или с помощью таблиц и графиков.

Предельную размывающую скорость определяем по формуле:

$$v_{\text{неразм}} = v_{R=1}^{\text{неразм}} R^{1/5},$$

где  $v_{R=1}^{\text{неразм}}$  — допустимая размывающая скорость для данного грунта при гидравлическом радиусе  $R=1$  м (табл. 31);

## Гидравлический

Каналы	Расчетный участок	Расход, $м^3/сек$		Уклон $i$	$t$	$b, м$	$h, м$
		вычисленный	расчетный				
X-1	ПК0—28+50	$Q_n=0,229$	0,25	0,0005	1	0,60	0,58
	ПК0—28+50	$Q_{\phi}=0,286$	0,30	0,0005	1	0,60	0,63
X-1-4	ПК0—16	$Q_n=0,225$	0,25	0,0044	1	0,60	0,36
	ПК0—16	$Q_{\phi}=0,225$	0,25	0,002	1	0,60	0,43
У-5	ПК—15—22+18	$Q_n=0,221$	0,25	0,002	1	0,60	0,43
	ПК 8—15	$Q_n=0,221$	0,25	0,0017	1	0,60	0,45
О-76	ПК 0—2	$Q=0,054$	0,06	0,005	1	0,40	0,21
	ПК 2—7+20	$Q=0,054$	0,06	0,0044	1	0,40	0,22

$R$  — гидравлический радиус рассчитываемого сечения канала.

Минимальную допустимую скорость течения воды для каналов с расходом более  $0,2 \text{ м}^3/\text{сек}$  определяем по формуле:

$$v_{\text{мин}} = 1,05 v_{\text{незаи}} \text{ м/сек},$$

где  $v_{\text{незаи}}$  — незаиляющая скорость, которую можно определить по формуле:

$$v_{\text{незаи}} = A Q^{0,2} \text{ м/сек},$$

где  $A$  — коэффициент, зависящий от гидравлической крупности наносов  $W$ . При  $W=2 \text{ мм/сек}$   $A=0,44$ .

Данные гидравлического расчета сводим в таблицу 32.

Расчет распределителя Х-1-4 имеет следующие особенности.

Средний уклон местности по трассе канала  $i=0,0044$ . При этом уклоне скорость получается больше допустимой на размыв ( $0,74 > 0,53 \text{ м/сек}$ ), поэтому на канале проектируем перепады. Допустимый уклон дна канала между перепадами определим по формуле:

$$i_{\text{макс}} = \frac{v_{\text{неразм}}^2}{C^2 R} = \frac{0,53^2}{24,2^2 \cdot 0,21} = 0,0023.$$

Найденный уклон округляем в меньшую сторону до  $0,002$ , так как при значительном уменьшении уклона (с  $0,0044$  до  $0,002$ )

ТАБЛИЦА 32

расчет каналов

$\chi, \text{ м}$	$\omega, \text{ м}^3$	$R, \text{ м}$	$n$	$C$	$v, \text{ м/сек}$	$q, \text{ м}^3/\text{сек}$	Рас- хожде- ние, %	Предельные скорости	
								неразмы- пающие	мини- маль- ные
2,24	0,685	0,31	0,025	30,0	0,37	0,253	1,2	—	0,35
2,38	0,775	0,33	0,025	30,4	0,39	0,300	—	0,62	—
1,62	0,346	0,21	0,0275	24,2	0,74	0,255	2,0	0,53	—
1,82	0,443	0,24	0,0275	25,1	0,55	0,245	2,0	0,57	0,35
1,82	0,443	0,24	0,0275	25,1	0,55	0,245	2,0	0,57	0,35
1,87	0,473	0,25	0,0275	25,4	0,53	0,249	0,4	0,57	0,35
0,98	0,128	0,129	0,03	18,7	0,47	0,060	—	0,5 неза- висимо от $R$	—
1,02	0,136	0,133	0,03	18,8	0,45	0,061	1,7	То же	—

объединяют с подпорным сооружением на старшем канале. Комплекс этих сооружений образует распределительный узел (рис. 49, а). Регуляторы-водовыпуски делают двух типов: открытые шлюзы-регуляторы (рис. 49, б) одно- или многопролетные, которые применяют обычно на каналах с большим расходом и малым гидравлическим перепадом, где требуется пропуск плавающих тел; закрытые трубчатые водовыпуски (рис. 49, в), которые применяют для пропуска малых расходов при большом гидравлическом перепаде (0,5 м и более), при совмещении водовыпуска с переездом, а также на каналах с большим колебанием горизонтов воды. Открытые регуляторы-водовыпуски в большинстве случаев дешевле при малых перепадах горизонтов воды в бьефах,

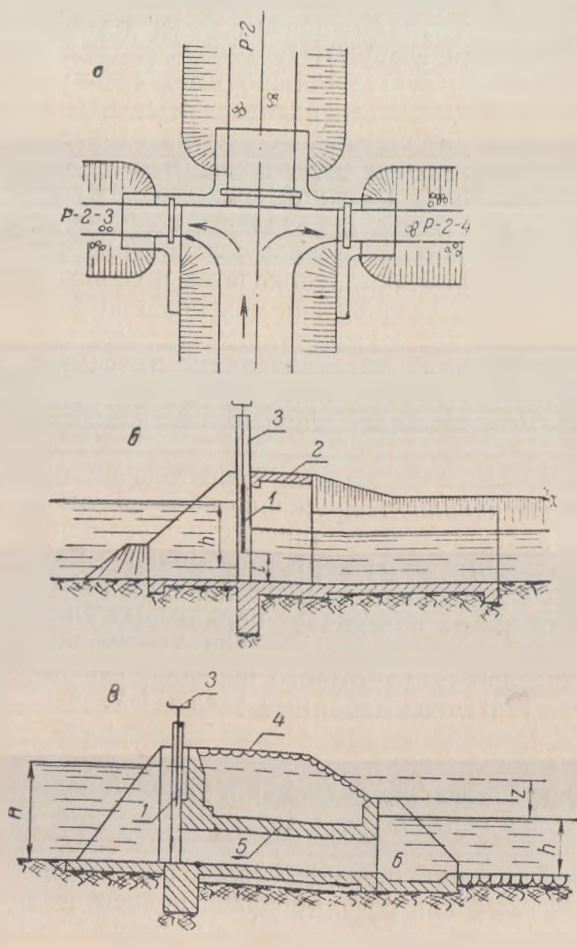


Рис. 49. Регуляторы-водовыпуски:

а — распределительный узел;  
 б — открытый шлюз-регулятор;  
 в — закрытый трубчатый водовыпуск; 1 — затвор;  
 2 — мостик; 3 — винтовой подъемник; 4 — перепад;  
 5 — труба; 6 — гаситель энергии.

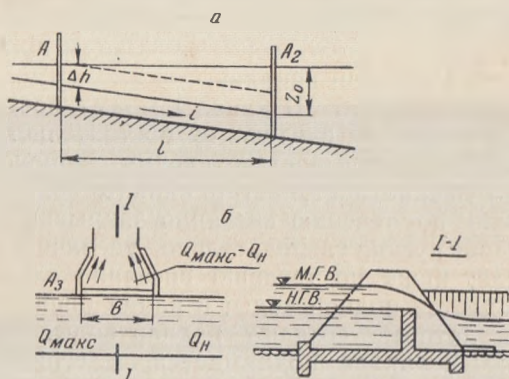


Рис. 50. Схемы установки подпорных сооружений (а) и бокового водослива-водосброса (б).

их легче осматривать и ремонтировать, чем трубчатые водовыпуски.

Расход воды, проходящей через водовыпуск из старшего канала в младший, регулируют затворами, которые делают обычно в виде плоских щитов из досок, подъем и опускание их осуществляют вручную при помощи винтовых подъемников.

Отверстие водовыпуска рассчитывают на пропуск форсированного расхода младшего распределителя при нормальном горизонте воды в старшем канале и на пропуск нормального расхода при минимальном горизонте воды в старшем канале.

Скорости течения воды в регуляторе-водовыпуске должны быть порядка 0,8—1,3 м/сек; при этих скоростях минимальный напор, необходимый для прохождения воды через регуляторы, составляет от 5 до 15 см. Максимальный удельный расход принимают до 1,7 удельного расхода канала в нижнем бьефе, определенного по средней его ширине. Чтобы все наносы из старших каналов выносились в младшие и отлагались на полях, порог водовыпуска располагают на уровне дна старшего канала или ниже его.

**Подпорные сооружения** конструктивно представляют собой шлюзы-водовыпуски со щитовыми затворами, которыми полностью или частично перекрывают водный поток, то есть подпирают его и тем самым поддерживают требуемый горизонт воды в канале. Место установки подпорных сооружений и величину подпора определяют на продольном профиле горизонтов воды в канале, который строят из условия командования над орошаемой площадью. Наибольшее расстояние от подпорного сооружения до бокового регулятора вверх по течению определяют по формуле (рис. 50, а):

$$l = \frac{z_0 - \Delta h}{i}, \quad (I-93)$$

объединяют с подпорным сооружением на старшем канале. Комплекс этих сооружений образует распределительный узел (рис. 49, а). Регуляторы-водовыпуски делают двух типов: открытые шлюзы-регуляторы (рис. 49, б) одно- или многопролетные, которые применяют обычно на каналах с большим расходом и малым гидравлическим перепадом, где требуется пропуск плавающих тел; закрытые трубчатые водовыпуски (рис. 49, в), которые применяют для пропуска малых расходов при большом гидравлическом перепаде (0,5 м и более), при совмещении водовыпуска с переездом, а также на каналах с большим колебанием горизонтов воды. Открытые регуляторы-водовыпуски в большинстве случаев дешевле при малых перепадах горизонтов воды в бьефах,

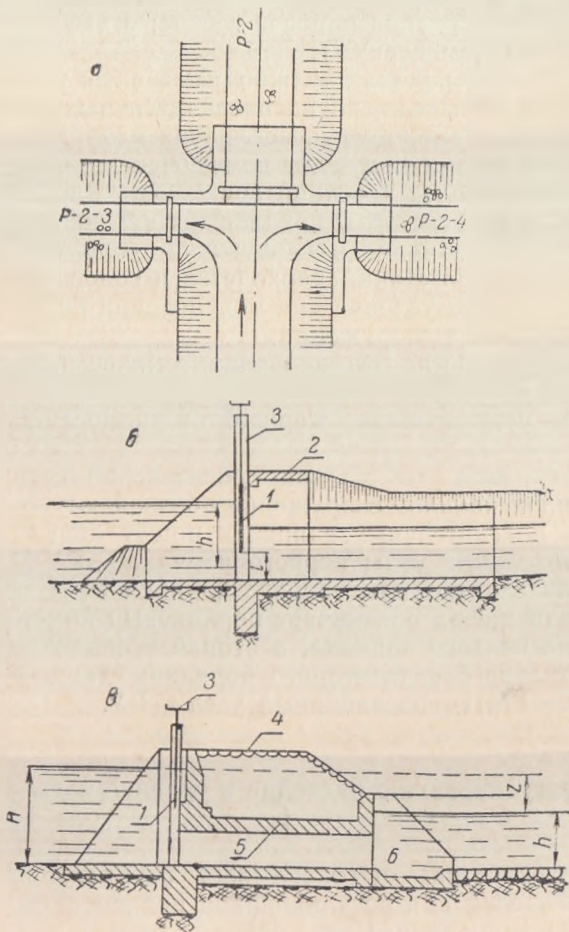


Рис. 49. Регуляторы водовыпуски:

а — распределительный узел;  
 б — открытый шлюз-регулятор; в — закрытый трубчатый водовыпуск; 1 — затвор;  
 2 — мостик; 3 — винтовой подъемник; 4 — переезд;  
 5 — труба; 6 — гаситель энергии.

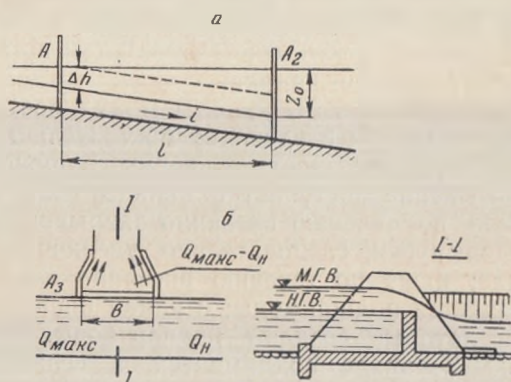


Рис. 50. Схемы установки подпорных сооружений (а) и бокового водослива-водосброса (б).

их легче осматривать и ремонтировать, чем трубчатые водовыпуски.

Расход воды, проходящей через водовыпуск из старшего канала в младший, регулируют затворами, которые делают обычно в виде плоских щитов из досок, подъем и опускание их осуществляют вручную при помощи винтовых подъемников.

Отверстие водовыпуска рассчитывают на пропуск форсированного расхода младшего распределителя при нормальном горизонте воды в старшем канале и на пропуск нормального расхода при минимальном горизонте воды в старшем канале.

Скорости течения воды в регуляторе-водовыпуске должны быть порядка 0,8—1,3 м/сек; при этих скоростях минимальный напор, необходимый для прохождения воды через регуляторы, составляет от 5 до 15 см. Максимальный удельный расход принимают до 1,7 удельного расхода канала в нижнем бьефе, определенного по средней его ширине. Чтобы все наносы из старших каналов выносились в младшие и отлагались на полях, порог водовыпуска располагают на уровне дна старшего канала или ниже его.

**Подпорные сооружения** конструктивно представляют собой шлюзы-водовыпуски со щитовыми затворами, которыми полностью или частично перекрывают водный поток, то есть подпирают его и тем самым поддерживают требуемый горизонт воды в канале. Место установки подпорных сооружений и величину подпора определяют на продольном профиле горизонтов воды в канале, который строят из условия командования над орошаемой площадью. Наибольшее расстояние от подпорного сооружения до бокового регулятора вверх по течению определяют по формуле (рис. 50, а):

$$l = \frac{z_0 - \Delta h}{i}, \quad (1-93)$$

где  $z_0$  — общая величина подпора;

$\Delta h$  — разность горизонтов воды при  $Q_{\text{н}}$  и  $Q_{\text{мин}}$ ;

$i$  — уклон канала.

**Водосбросы.** В каналы может поступить излишнее количество воды при следующих обстоятельствах: в большие паводки на реке или вследствие аварии сооружений через водозаборное сооружение поступает в каналы воды больше, чем требуется; выше по течению внезапно закрываются боковые регуляторы-водовыпуски, следовательно, увеличивается расход воды в канале; ниже по течению внезапно закрываются сооружения и создается подпор воды; в канал попадают посторонние предметы, которые создают подпор воды. Во всех случаях горизонт воды в канале поднимается, и если не предусмотреть сброса воды, то вода начнет переливаться через дамбы канала, размывает их и затопит прилегающие земли.

Сооружения, которые сбрасывают излишнюю воду сверх допустимого горизонта, называют сбросными или водосбросами. Сооружения, которые полностью опоражнивают канал от воды, называют выпускными. Водосбросы ставят в тех местах, где повышение расходов и горизонтов воды особенно опасно и может повлечь за собой аварию: в конце холостой части магистрального канала; на участках канала, проходящих на косогоре или в слабых грунтах; перед дорогами и сложными сооружениями (акведуки, сифоны); выше распределительных узлов; на участках, где через канал пропускаются большие расходы поверхностных вод. Функции сбросных и выпускных сооружений иногда совмещают. Сбросные сооружения строят в виде бокового водослива или сифона. Водосливной сброс устраивают в виде водосливной стенки, гребень которой располагают на уровне допустимого горизонта воды в канале или несколько ниже его (по расчету). Вода, проходящая выше гребня водослива, автоматически сливается через него в сбросной канал, из которого она поступает обычно в тальвег и далее в водоприемник. Ширину порога водослива рассчитывают на пропуск расхода воды, равного разности максимального допустимого расхода воды в канале и нормального расхода воды, пропускаемого ниже по каналу (рис. 50, б).

Сифонный сброс располагают в боковой стенке канала с отверстиями на нужном уровне, но они легко засоряются и сложны в устройстве.

Выпускные сооружения представляют собой шлюз-регулятор со щитовым затвором, который закрыт во время полива и открывается после окончания полива для выпуска оставшейся воды из каналов в сбросную сеть. Порог сооружения располагают на отметке дна оросительного канала. Водовыпуск рассчитывают на нормальный расход воды в канале плюс избыток воды, который может попасть в канал, обычно на  $Q_{\text{макс}}$ .

**Водомерные сооружения** служат для измерения горизонтов и расходов воды в каналах; они позволяют правильно распределить воду в каналы в соответствии с планом водопользования и экономно ее расходовать. Водомеры должны удовлетворять следующим требованиям: пропускать форсированный расход соответствующего канала с достаточной точностью его измерения при малых напорах; пропускать содержащиеся в воде наносы на поля; поддерживать постоянный расход воды при колебании горизонта воды и наоборот, при постоянном горизонте, изменять пропускаемый расход; учитывать не только расход, но и объем воды; иметь простую конструкцию, быть надежными в работе, долговечными и иметь минимальную стоимость.

Имеющиеся конструкции водомеров делятся на три группы: водомеры, которые измеряют расходы воды без автоматического его регулирования (водосливные (водосливные, со щитовым отверстием и трубчатые)); водомеры, которые учитывают объем воды, прошедший за отдельные периоды времени; водомеры, которые автоматически пропускают постоянный (заданный) расход воды.

Водосливные водомеры с тонкой стенкой или широкими порогами позволяют довольно точно измерять расход воды, однако они создают большой подпор воды и задерживают донные наносы.

В трапецидальном водосливе с откосами 4:1 с шириной порога  $b$  и напором воды над порогом  $h$  расход воды равен (рис. 51, а):

$$Q = 1,86bh^{1,5} \text{ м}^3/\text{сек.} \quad (I-94)$$

Напор  $h$  должен быть меньше одной трети ширины порога.

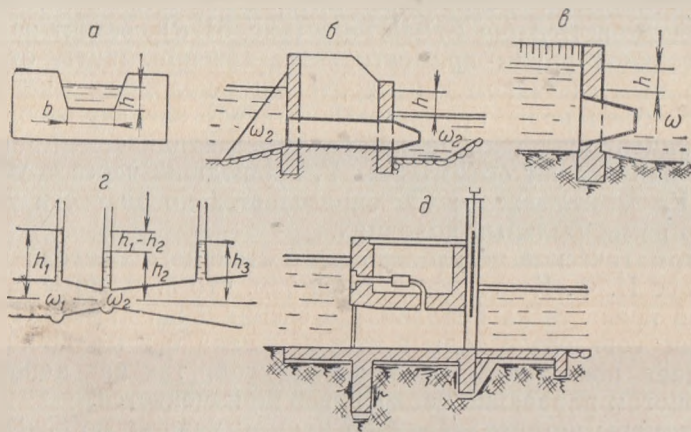


Рис. 51. Схемы водосливов-водомеров:

а — трапецидальный с тонкой стенкой; б — трубчатый системы М. В. Бутырина; в — водомер-насадок; г — водомер с суженным отверстием; д — частичный водомер-регулятор.



В щитовых водомерах расход определяется по формуле:

$$Q = \mu b e \sqrt{2gh} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (I-95)$$

где  $b$  — ширина отверстия;

$e$  — высота отверстия под щитом;

$h$  — напор над центром отверстия;

$\mu$  — коэффициент расхода, равный 0,62—0,70, определяемый тарировкой для каждого типа отверстия.

Расход воды, проходящей через водомер системы М. В. Бу- тырина, равен:

$$Q = 0,98 \omega_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (I-96)$$

величины  $\omega_2$ ,  $\omega_1$  и  $h$  показаны на рисунке 51, б.

Расход воды через водомер-насадок (рис. 51, в):

$$Q = \mu \omega \sqrt{h} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (I-97)$$

где  $\omega$  — площадь выходного сечения;

$h$  — разность уровней воды;

$\mu$  — коэффициент расхода, равный 4,1.

Расход воды через трубчатый водомер с суженным отвер- стием (рис. 51, г):

$$Q = \frac{\mu \omega_1 \omega_2}{\sqrt{\omega_1^2 - \omega_2^2}} \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (I-98)$$

где коэффициент  $\mu = 0,95 - 0,99$ .

Парциальный\* водомер-регулятор для учета расхода и объ- ема воды конструкции ВНИИГиМ (рис. 51, д) состоит из корот- кой бетонной трубы прямоугольного сечения, щита, отвода с водомерным счетчиком и измерительных колодцев. Счетчик из- меряет объем воды  $V_1$ , прошедший через насадку-отвод. Зная коэффициент пропорциональности  $K$ , устанавливаемый опытным путем, определяют объем воды  $V$ , прошедший через трубу (ка- нал),  $V = KV_1$ . Расход воды определяется по разности уровней воды в измерительных колодцах.

Автоматическое регулирование постоянного расхода воды в водомере Н. Ф. Карга достигается тем, что водосливы с тонкой стенкой крепятся на поплавках в специальной камере. При ко- лебании горизонтов воды в старшем канале в младший канал поступает постоянный заданный расход, так как напор воды над порогом плавающих водосливов не изменяется.

Водомеры устанавливает на прямом участке по оси канала, вне зоны подпора и в зоне с нормальной скоростью течения, без водоворотов.

\* Парциальный — частичный.

## § 27. Сооружения для сопряжения бьефов и на пересечениях

**Перепады и быстротоки.** Чтобы канал не размывался, его трассируют с уклоном не более  $i_{\text{доп}}$ , равным:

$$i_{\text{доп}} = \frac{v_{\text{доп}}^2}{C^2 R}, \quad (I-99)$$

где  $v_{\text{доп}}$  — допустимая скорость на размыв, м/сек (табл. 31).

На участках с большими уклонами это условие иногда нельзя выполнить и поэтому возникает необходимость строить перепады, быстротоки или консоли (рис. 52).

Перепад — это гидротехническое сооружение, выполненное в виде ступеней для сосредоточенного падения воды на канале (рис. 52, *a*). Для гашения энергии падающей воды в нижнем бьефе делают водобойный колодец. В зависимости от уклона и длины склона делают одноступенчатые или многоступенчатые перепады. При большом падении воды целесообразно рассмотреть вариант устройства на перепаде малой ГЭС. Перепады делают в выемке из бетона, железобетона, бутовой или кирпич-

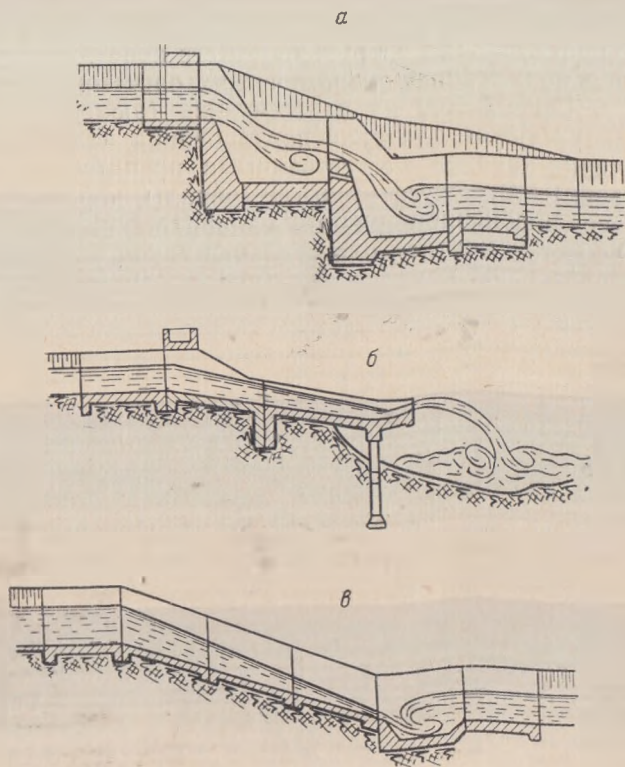


Рис. 52. Схемы сооружений для сопряжения бьефов:

*a* — перепад; *b* — консольный перепад;  
*v* — быстроток.

ной кладки и из дерева различной конструкции: ступенчатые, полунапорные, закрытые, а в конце сбросных каналов, где допустим размыв отводящего канала, могут быть перепады консольные (консоли, рис. 52, б). Перепады располагают на участках с крутым склоном или у обрыва, где из условий превышения допустимой скорости нельзя применять быстроток.

Быстроток — это бетонный, деревянный или каменный наклонный лоток, соединяющий два канала, расположенные на разных уровнях (рис. 52, в). Лоток соединяется с верхним каналом входом в виде раструба и с нижним — выходом в виде водобойного колодца-успокоителя. Скорость течения воды в лотке должна быть меньше допустимой на размыв для материала лотка. Уклон лотка обычно не превышает 0,3. Для регулирования расходов и горизонтов воды в щитовой стенке входного оголовка устанавливают щит. Конструкции быстротока различаются по поперечному сечению, по продольному профилю, по расположению в плане и по шероховатости.

Перепады и быстротоки должны обеспечить установленный режим работы канала, движение воды без размыва сооружения и примыкающего к нему канала, статическую устойчивость и прочность конструкции, пропуск в нижний бьеф плавающих предметов. Тип сооружения и его конструкцию выбирают на основании технико-экономических расчетов.

Сооружения на пересечениях (дюкер, акведук, лотки, трубы) служат для транспортирования воды на участках пересечения каналов с естественными препятствиями (балки, овраги, реки) или искусственными (каналы, дороги, насыпи). Дюкер — это водонепроницаемая напорная бетонная, железобетонная, асбестоцементная или стальная труба, которую укладывают под дорогу; под канал и т. д. (рис. 53, а). Входную и выходную ча-

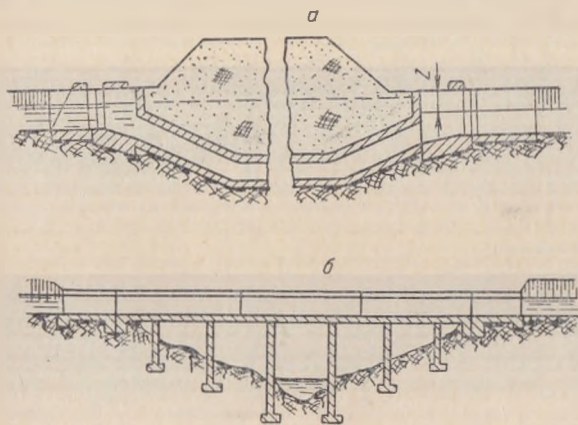


Рис. 53. Схемы сооружений на пересечениях:  
а — дюкер; б — акведук.

сти дюкера делают в виде вертикальных или наклонных бетонных или железобетонных колодцев. Входной оголовок снабжается решеткой.

Дюкер рассчитывают на пропуск нормального расхода и проверяют на пропуск максимального и минимального расходов при скоростях 1,5—4 м/сек. Чтобы не возникал гидравлический прыжок в трубе, предусматривают специальные устройства (дополнительное сопротивление на выходе или понижение дна входного оголовка).

Акведук — лоток на опорах для переброски воды канала через местные понижения рельефа (овраги, долины). Его применяют в случаях, когда естественные отметки расположены на 1—20 м ниже дна канала (рис. 53, б). Акведук рассчитывают на пропуск максимального расхода. Возвышение нижней части пролетного строения акведука над максимальным расчетным уровнем воды пересекаемого водотока должно быть не менее 0,5 м. Опоры акведука на водотоках защищают от воздействия льда и заглубляют (с учетом категории грунта, глубины промерзания) ниже глубины возможного максимального размыва русла в створе акведука. Стенки лотка акведука делают выше максимального расчетного уровня воды на 10 см при  $Q < 1 \text{ м}^3/\text{сек}$  и на 30 см при  $Q = 10\text{—}30 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

Ливнепропускные трубы устанавливают: под каналами, проходящими в насыпи при пересечении им ручья или балки; под дорогой, пересекающей понижение, по ложу которого может протекать вода. Ось трубы должна совпадать с динамической осью потока. Труба не должна нарушать бытовой профиль водотока, поэтому ее укладывают с уклоном водотока без врезки в дно входного оголовка трубы.

Через большие лощины воду проводят по трубам. Трубы и лотки применяют также для проведения воды по крутым склонам, просадочным и оползневым грунтам. Отдельные узкие выступы крутых гор иногда проходят туннелем. Для переезда через каналы строят мосты. Тип сооружения — дюкер, акведук, трубы, лотки и их конструкцию — выбирают в соответствии с допустимой величиной потерь напора, местными топографическими, климатическими и гидрогеологическими условиями, видом преодолеваемого препятствия, материалом сооружения на основании технико-экономического сравнения.

Стоимость сооружений на оросительной сети составляет 40—60% стоимости земляных и других работ по строительству каналов.

Все сооружения на каналах нужно строить с максимальным применением местных материалов, сборного железобетона. Они должны быть долговечными, надежными в работе, доступными для осмотра и ремонта, а в случае необходимости допускать и замену деталей без нарушения работы сооружения.

## ИСТОЧНИКИ ВОДЫ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И ОБВОДНЕНИЯ И ГОЛОВНОЕ ПИТАНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

### § 28. Источники воды для орошения и обводнения

**Виды источников орошения и обводнения.** В безводных районах задачи орошения и обводнения решают комплексно, так как источники орошения, способы забора и подачи воды являются общими для них, различаются они по количеству, срокам и способам распределения воды по территории. Расход воды, забираемой из источника, равен сумме расходов воды, потребной на орошение и обводнение.

Источниками воды для орошения и обводнения могут быть: реки в их естественном и в зарегулированном состоянии; местный поверхностный сток, поступающий в лиманы и в пруды; подземные воды, забираемые из шахтных колодцев, буровых скважин, каптажных сооружений. Для орошения могут быть также использованы сбросные воды; промышленные, хозяйственно-бытовые, шахтные, воды ирригационных систем.

К водоисточникам предъявляются следующие требования: вода должна быть пригодной для орошения сельскохозяйственных культур, а при обводнении — для обеспечения бытовых и хозяйственных нужд; запасы и расходы воды в водоисточнике должны всегда и полностью удовлетворять потребность в воде; водоисточник должен располагаться вблизи орошаемого массива и выше его, чтобы было возможно подавать воду самотеком при небольшой стоимости строительства водозаборного сооружения и проводящей сети.

При проектировании оросительных и обводнительных систем необходимо иметь характеристики (таблицы и графики) горизонтов, расходов, мутности и минерализации воды в водоисточнике для характерных расчетных лет, устойчивости русла, его гидрогеологию и топографию. Зная эти характеристики, можно установить: возможную площадь орошения из водоисточника, необходимость регулирования режима источника орошения, необходимость осветления воды, схемы водозабора и подачи воды на орошаемый массив.

Водоисточник должен полностью обеспечивать потребность в воде в течение всего периода орошения. Если в некоторые периоды водоисточник имеет меньший расход воды, чем требуется на орошение, то режим водоисточника и режим орошения надо согласовать, то есть привести в соответствие друг с другом. Это достигается следующими путями: 1) регулированием водоисточника; 2) приспособлением режима орошения сельскохозяйственных культур к режиму водоисточника, при этом сокра-

щают затраты воды на орошение, уменьшая потери воды в каналах, применяя полив без сброса и малыми поливными нормами, применяя закрытую сеть и полив дождеванием, выполняя план водопользования, уменьшая площадь посева водотребовательных культур; 3) одновременным регулированием водоисточника и изменением режима работы оросительной системы.

Вода для обводнения земель при регулировании обычно подается в паводок, когда имеются излишки воды, потребной для орошения.

Расход воды шахтных и буровых колодцев, кяризов более равномерен, но мал по сравнению с расходом рек.

**Регулирование режима источника орошения.** Искусственное изменение расхода водоисточника во времени, осуществляемое водохранилищем или резервуаром, называют регулированием режима водоисточника. В зависимости от продолжительности периодов накопления воды в водохранилище, резервуарах и последующего ее использования регулирование водоисточников может быть суточным, недельным, сезонным (или годичным), многолетним, смешанным.

Суточное регулирование (рис. 54, а) применяют обычно при использовании подземных вод, когда в ночное время воду подают в резервуар, а днем забирают на орошение или водоснабжение расход  $q_p$ , больший, чем приток  $q_n$ . Суточное регулирование стока воды позволяет использовать всю воду источника на орошение и тем самым увеличить площадь орошения.

Сезонное или годичное регулирование (рис. 54, б) состоит в перераспределении стока в течение одного года. Для этого на реке или балке строят плотины и в образовавшемся регулирующем водохранилище сток полностью или частично задерживают в период паводков и используют его в период орошения. Сезонное регулирование стока применяют в том случае, если годовое потребление воды меньше годового стока расчетной обеспеченности (70—97%). Когда фактическое потребление воды больше годового стока расчетной обеспеченности необходимо многолетнее регулирование, при котором воду запасают в водохранилище в многоводные годы и используют на орошение и обводнение в маловодные годы (рис. 54, в).

При сезонном регулировании стока емкость водохранилища равна обычно 20—70%, а при многолетнем регулировании —

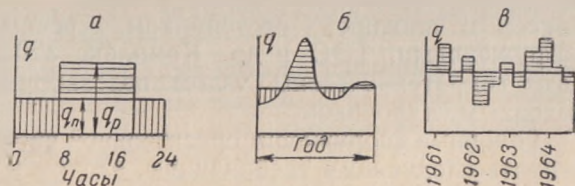


Рис. 54. Регулирование стока:

а — суточное; б — сезонное (годовое); в — многолетнее.

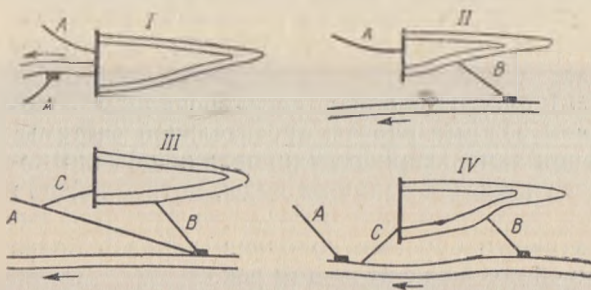


Рис. 55. Схемы расположения регулирующих водохранилищ:

*A* — магистральный канал; *B* — подводящий канал; *C* — подпитывающий канал.

120—170% среднемноголетнего стока. Сток для орошения и обводнения экономически целесообразно регулировать в комплексе с получением электроэнергии.

Регулирование может быть полным или неполным. При полном регулировании всю воду задерживают в водохранилище, сброса воды из него нет. При неполном регулировании часть воды из водохранилища сбрасывают.

Регулирующее водохранилище можно располагать на реке и в стороне от реки с питанием водой из реки через подводящий канал *B* (рис. 55). В оросительный канал *A* вода поступает из водохранилища *I* или *II*, или одновременно из реки и водохранилища *III*, или из реки, но с пополнением расхода реки из водохранилища *IV* через подпитывающий канал *C*. В водохранилище, расположенное на реке, поступают все наносы реки; в водохранилище, расположенное в стороне от реки, поступает только часть наносов реки с водой по подводящему каналу, поэтому оно меньше заиляется, чем водохранилище на реке. Регулирующее водохранилище может наполняться водой весеннего стока и с примыкающей водосборной площади.

## § 29. Головное питание оросительных систем

**Назначение водозаборных сооружений и требования, предъявляемые к ним.** Водозаборные, или головные, сооружения строят для забора воды из реки или водохранилища в магистральный канал. Водозаборные сооружения устраивают часто в комплексе с плотиной, отстойником, речными регулируемыми сооружениями, ГЭС и др. Комплекс этих сооружений называют гидротехническим узлом водозаборных сооружений или головным гидроузлом.

Головные сооружения оросительной системы должны удовлетворять следующим требованиям: забирать в магистральный канал расходы воды в строгом соответствии с графиком водопо-

гребления, независимо от колебаний горизонтов воды в водосточнике; предохранять канал от попадания в него из реки песчаных и гравелистых донных наносов (влекомых рекой по дну), плавающих тел, льда и ограничивать поступление в канал взвешенных наносов (влекомых рекой во взвешенном состоянии); обеспечивать беспрепятственный пропуск паводковых и ливневых расходов; в необходимых случаях удовлетворять требованиям судоходства, рыбоводства, энергетики, лесосплава; позволять замерять расходы воды, пропускаемой через сооружение; обеспечивать возможность ремонта сооружений без прекращения подачи воды в канал; быть прочными, долговечными, дешевыми, надежными в эксплуатации и иметь простую конструкцию.

**Типы водозаборных сооружений.** При самотечном выводе воды из реки в магистральный канал различают два основных типа водозаборных сооружений: бесплотинный и плотинный. Бесплотинный водозабор применяют в тех случаях, когда горизонты воды в реке выше форсированного горизонта воды в магистральном канале на 10—20 см при коэффициенте водозабора (отношение расхода воды, забираемого в канал, к расходу реки) не более 0,2 и наличии благоприятных условий для строительства канала. Бесплотинный водозабор применяют также и при горизонтах воды в реке немного ниже, чем в канале, преимущественно на горных и предгорных участках рек с регулированием уровней воды в межень водозахватными дамбами и шпорами без строительства постоянной плотины.

При плотинном водозаборе русло реки перегораживают плотиной, уровень воды в реке при этом поднимается и вода самотеком поступает через головной регулятор в магистральный канал. Плотинные водозаборы устраивают при водозаборе больше 20% и при необходимости подъема уровня воды, регулирования стока, при заборе воды на обоих берегах реки, для улучшения судоходных условий и для получения электроэнергии.

Бесплотинные водозаборы могут быть без отстойников и с отстойниками.

К бесплотинным водозаборам без отстойников относятся: неосшлюзованный водозабор — открытый земляной канал без каких-либо сооружений в голове (рис. 56, а);

осшлюзованный водозабор — открытый канал со шлюзом-регулятором в голове (рис. 56, б);

шпорный водозабор со шлюзом-регулятором в голове (рис. 56, в).

К бесплотинным водозаборам с отстойниками относятся: водозабор с прокопом-отстойником длиной от 2 до 5 км, в конце которого построен шлюз-регулятор (рис. 56, г);



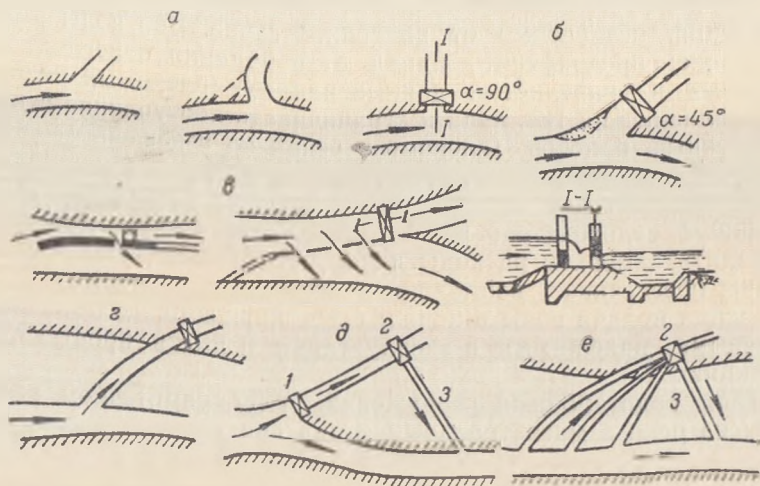


Рис. 56. Схемы бесплотинных водозаборов без отстойника:

*a* — неошлюзованный; *б* — ошлюзованный; *в* — шпорный со шлюзом-регулятором.

Схемы бесплотинных водозаборов с отстойником:

*г* — со шлюзом-регулятором в конце отстойника; *д* — с головным шлюзом-регулятором в начале отстойника и шлюзом-регулятором с донными промывными отверстиями в конце отстойника; *е* — многоголовый водозабор.

водозабор с головным шлюзом, прокопом-отстойником длиной до 5 км, в конце которого построен шлюз-регулятор с донными промывными отверстиями (рис. 56, *д*);

многоголовый водозабор с 3—4 прокопами-отстойниками длиной до 2,0—2,5 км, в конце которых построен шлюз-регулятор с донными промывными отверстиями (рис. 56, *е*).

Неошлюзованный бесплотинный водозабор хотя и прост по устройству, но имеет следующие существенные недостатки: расходы воды и наносов, поступающие в канал, не регулируются и полностью зависят от режима реки; канал имеет меньшую транспортирующую способность, чем река, поэтому он усиленно заиляется в своем начальном участке, что уменьшает его пропускную способность на 50—70%; на реке с неустойчивым руслом прямолинейный канал искривляется и голова канала за сезон иногда смещается вниз по течению реки до 100 м и более (рис. 56, *а*); малый коэффициент водозабора, равный или меньше 0,10—0,15. В настоящее время бесплотинные водозаборы проектируют с обязательным устройством шлюза-регулятора.

Ошлюзованный головной водозабор лучше неошлюзованного тем, что он позволяет регулировать подачу воды из реки в канал. Порог шлюза-регулятора закладывают на такой высоте, чтобы при самых низких горизонтах в реке расчетный расход воды мог самотеком поступать в канал. Коэффициент водоза-

бора равен 0,10—0,25. Чтобы устранить сбойное течение при выходе воды в канал, шлюзы рекомендуют строить с тремя и более пролетами. Для уменьшения количества наносов, завлекаемых в канал, воду забирают через шандоры, а не из-под шита, так как верхние слои воды имеют меньше наносов, чем нижние. Для этих же целей порог шлюза-регулятора (отметка подобной пола) делают выше дна реки на 0,4—0,5 м, а в паводок закладывают шандоры с общей высотой до 1,5—2,0 м. Устои, быки, водобойную часть и слив головного шлюза делают каменными, бетонными и железобетонными, понур — из бетона или глинобетона, покрывая его поверхность бетонными плитами.

Шпоровый водозабор применяют на предгорных и горных участках рек с неустойчивым руслом при коэффициенте водозабора в пределах 0,2—0,3. Водозахватная дамба отделяет часть водного потока от реки, подпирает его и направляет в головной регулятор (рис. 56, в). Длина шпоры зависит от коэффициента водозабора, ширины и уклона дна реки, местоположения водозабора и величины подпора, который необходим для самотечного поступления воды в головное сооружение или канал. Водозахватные дамбы строят с водосливами без затворов, чтобы в паводок сбрасывать из подводящего русла избыточную воду в реку. Дамбы строят из железобетонных свай, габионов (пороги водосливов облицовывают бетоном), ряжей, бетонитов, оброски рваного камня и из местного грунта с облицовкой обих откосов, а в местах водослива с облицовкой и гребня.

Бесплотинные водозаборы с отстойниками применяют для осветления речной воды, чтобы предохранить каналы от заиления наносами. Если русло реки неустойчиво и выправительно-регулирующие работы сложны, то головной шлюз-регулятор располагают на коренном берегу вдали от русла, подводя воду к шлюзу каналом-прокопом (рис. 56, г). Этот канал-прокоп служит простейшим отстойником, из которого наносы удаляют комбесосами. В паводки в канале-прокопе скорости воды значительно уменьшаются, большая часть наносов оседает на дно, и вода осветляется.

Для уменьшения количества наносов, выпадающих в отстойнике, головной шлюз-регулятор 1 строят на берегу реки (рис. 56, д), то есть в голове канала-прокопа, а в конце отстойника ставят шлюз-регулятор 2 с донными промывными отверстиями в пороге шлюза, через которые крупные фракции наносов сбрасывают в реку по сбросному каналу 3. Через верхние отверстия шлюза-регулятора осветленная вода течет в магистральный канал.

При неустойчивом русле и большом содержании наносов в реке применяют многоголовый водозабор (рис. 56, е). Несколько прокопов (2—4) на расстоянии 0,5—2,5 км друг от друга

располагают на разных отметках. Каждый прокоп, независимо от других, подает воду к шлюзу-регулятору 2 с донными промывными отверстиями. Через верхние отверстия шлюза вода поступает в магистральный канал, а через донные промывники сбрасывается в сбросной канал 3 вместе с донными наносами. В паводок обычно работает один, реже два прокопа, поэтому вода в них не переосветляется. По мере заиления работающих прокопов включаются резервные, а заиленные прокопы очищают от наносов. В межень работают 2—3 прокопа.

Многоголовый водозабор позволяет успешно бороться с наносами гидравлическим способом, снизить потребность в землесосах и централизовать управление потоком в одной точке. Однако он имеет и недостатки: прокопы и сбросной канал зарастают камышом, трудно промывать их при малых гидравлических уклонах во время паводка; имеется опасность заиления промывного шлюза при пропуске через него малых расходов воды с малыми скоростями.

Бесплотинный водозабор располагают на вогнутом берегу устойчивой излучины, где нет отмелей, островов, деформаций береговой линии и в канал поступает минимум донных наносов. Для уменьшения захвата донных наносов в канал в русле реки перед регулятором создают поперечную циркуляцию потока, устанавливая систему плавучих струенаправляющих щитов или устраивая водозахватные шпоры с боковым сбросом в корневой ее части на пропуск не менее 50% расхода, забираемого в регулятор. Для этих же целей перед регулятором устраивают криволинейный в плане донный порог Г-образного поперечного сечения, перехватывающий донные наносы и направляющий их в сброс. Ширину фронта водозабора регулятора, расположенного у реки, рассчитывают на забор форсированного расхода канала при наименьших уровнях воды в реке 75% обеспеченности в период вегетации. Расходы воды в отверстиях шлюза-регулятора принимают в 1,5—2,0 раза меньше расходов в реке в период интенсивного движения донных наносов. При расчете максимальных и минимальных уровней воды учитывают возможное смещение плесов и перекаатов, повышение и понижение отметок дна реки и других изменений в режиме реки.

Если регулятор проектируют в удалении от реки, то расчетные уровни воды в реке определяют для створа входа в подводящее русло, причем минимальные уровни переносят в створ регулятора с поправкой на уклон, а максимальные — без поправки. Размеры подводящего русла рассчитывают на пропуск расчетных расходов воды в магистральном канале и расходов воды в сбросе.

На реках с малым уклоном образование подпора требует большой длины шпор, поэтому выгоднее переходить к плотинному водозабору.

**Плотинные водозаборы.** Низконапорные плотинные водозаборные узлы для орошения очень разнообразны по форме, конструкциям и направлению забора воды из реки (угол между направлением течения в реке и осью канала или осью головного узла). По месту расположения на участке реки их разделяют на горные, предгорные и равнинные.

Горные водозаборы строят на реках с большими уклонами, обилием переносимых ими донных и взвешенных наносов. На рисунке 57, *а* изображена схема горного водозабора с донной решеткой. Русло реки перекрывается невысокой водосливной плотиной 1, которая прорезается водоприемной галереей 2, перекрытой наклонной металлической решеткой. Крупные наносы перекатываются поверх решетки в нижний бьеф реки, а мелкие наносы вместе с водой проваливаются в просветы между прутьями

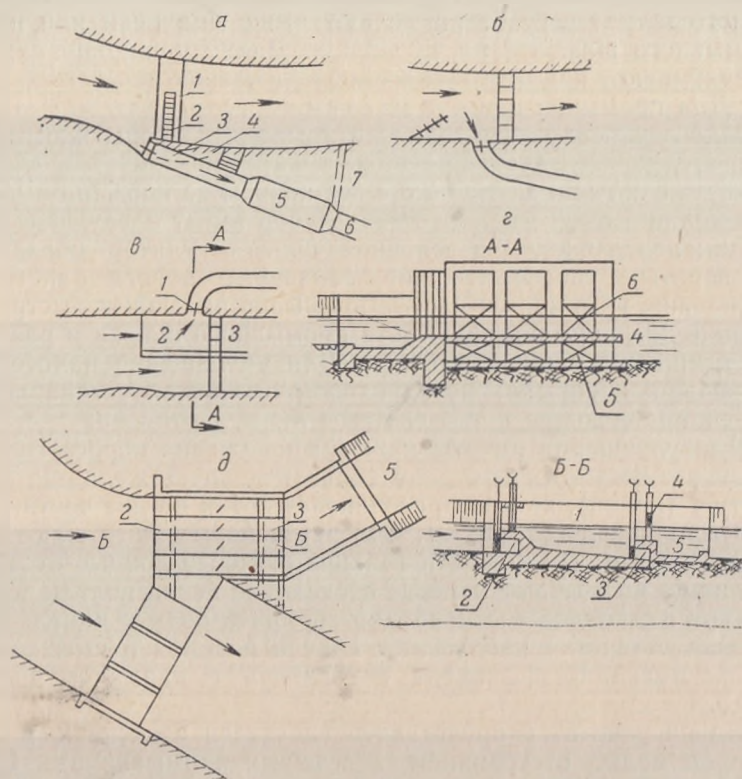


Рис. 57. Схемы плотинных водозаборов:

*а* — горный с донной решеткой; *б* — предгорный и равнинный без промывного кармана; *в* — с промывным карманом-отстойником; *г* — с последним водозабором из кармана; *д* — с последним водозабором из карманов-отстойников и донными промывниками.

ми решетки и попадают в водоприемную галерею, откуда, войдя в береговую камеру 3, в значительной степени отводятся через промывное отверстие 4 в нижний бьеф. Вода, осветленная от донных наносов, поступает в отстойник 5, где освобождается от вредных фракций взвешенных наносов, и далее течет в канал 6. Из отстойника наносы промываются через промывной сброс 7.

Предгорные и равнинные водозаборные узлы могут быть: без промывного кармана (рис. 57, б), с промывным карманом-отстойником (рис. 57, в), с послыйным водозабором из карманов (рис. 57, г) с послыйным водозабором, отстойником и донными промывниками (рис. 57, д) и др.

На рисунке 57, в изображена схема водозаборного узла с промывным карманом. В головной шлюз-регулятор 1 вода поступает из кармана 2 по принципу бокового отвода. Порог головного шлюза-регулятора делают выше дна реки или порога промывного шлюза 3 на 1,0—2,5 м. Длину и ширину кармана рассчитывают, как отстойник с периодической промывкой наносов. Для промывки наносов из кармана закрывают все затворы головного шлюза-регулятора и открывают затворы промывного шлюза. Скорость движения воды в кармане при этом достигает 2,5—3,5 м/сек и за 1,5—2,0 ч все наносы из кармана выносятся в нижний бьеф реки. Этот водозабор имеет следующие недостатки: перед входом в головной шлюз-регулятор образуются водовороты, способствующие заилению порога наносами и вхождению их в канал; частые промывки вызывают быстрое истирание дна кармана, флютбета промывного шлюза и разрушение крепления в нижнем бьефе. Для уменьшения наносов, поступающих в карман, перед входом в карман устанавливают струенаправляющие щиты системы М. В. Потапова.

Для улучшения работы кармана на уровне порога головного шлюза-регулятора строят горизонтальную железобетонную плиту 4 (полок), которая расслаивает поток на две части: верхнюю и нижнюю (рис. 57, г). Отверстия промывного шлюза также делятся на донные 5 и верхние 6. Через донные отверстия постоянно промывают наносы, оседающие перед полком и ниже его. Это позволяет бесперебойно забирать воду в канал. Через верхние отверстия пропускают воду в паводок и смывают наносы с полка. Коэффициент водозабора с карманом достигает 0,5.

На рисунке 57, д представлен гидроузел с послыйным водозабором воды, отстойником 1 и двумя промывниками 2 и 3. Промывники 2 на входном пороге перехватывают донные наносы и смывают их в нижний бьеф реки. Верхние слои речной воды, свободные от донных наносов, поступают в камеры отстойника, в которых выпадают наносы заданных фракций и через донный промывник 3 в конце отстойника сбрасываются в ниж-

ний бьеф реки. Верхние осветленные слои воды из отстойника через шлюз-регулятор 4 поступают в магистральный канал 5. В этом водозаборе вода очищается дважды — в начале и конце отстойника.

Плотинный водозабор является более совершенным, чем бесплотинный, так как он позволяет: регулировать подачу воды и магистральный канал в соответствии с графиком водопотребления; в максимальной степени освободиться от поступления наносов в канал; значительно сократить холостую часть магистрального канала; зарегулировать сток и полнее использовать его для орошения и обводнения. Плотинный водозабор располагают на участке, где берега и дно реки трудно размываемые, река протекает устойчиво одним руслом и выше плотины нет порогов и притоков с большим количеством наносов, которые могут быстро заилить водохранилище.

### § 30. Предохранение оросительных систем от заилиения

Мероприятия по предохранению оросительных систем от заилиения имеют очень важное значение в орошаемом земледелии. Заилиение каналов наносами уменьшает их пропускную способность и очистка их требует больших затрат труда и средств. Поэтому принимают все меры, чтобы не допустить наносы в магистральный канал: водозабор располагают на вогнутом неразмываемом берегу, где в шлюз поступает минимум донных наносов; ось водозабора и канала располагают под острым углом к оси реки, или по оси реки, так как при этом в канал падает минимум наносов; перед входом воды в канал ставят порог регулятора (стенку) высотой 0,5—0,8 м, который препятствует поступлению донных наносов в канал; перед регулятором устраивают донные Г-образные лотки, которые отводят донные наносы в сброс; перед регулятором создают поперечную циркуляцию потока щитами М. В. Потапова (рис. 56, а, 57, б) или закругленной шпорой и направляют верхнюю часть потока, более осветленную, в канал, а нижнюю, более мутную, — в сброс; воду осветляют в карманах перед входом в головной регулятор, а отложившиеся в кармане наносы удаляют гидравлической промывкой в сброс; воду осветляют в отстойниках, располагаемых в головной части магистрального канала, удаляя наносы гидравлическим или механическим способом; через головной регулятор не пропускают излишки воды в канал.

Чтобы предупредить заилиение каналов, их устраивают с соответствующими уклонами, при которых наносы транспортируются на поля. Наносы осаждают в отстойниках на каналах, выполняют механическую и ручную очистку каналов и гидравлическую промывку наносов с искусственным взмучиванием сбросного потока.

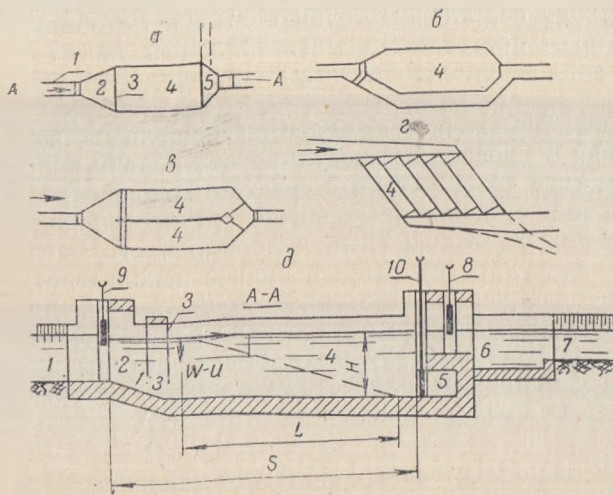


Рис. 58. Схемы отстойников:

*a* — однокамерный с последовательным присоединением к каналу; *б* — однокамерный с параллельным присоединением к каналу; *в* — двухкамерный; *г* — многокамерный; *д* — разрез по оси камеры отстойника.

**Отстойники.** Отстойником называется гидротехническое сооружение, предназначенное для осаждения взвешенных наносов заданных фракций и их удаления. Осветление воды в отстойниках предохраняет оросительные каналы от заиливания. Отстойники строят в тех случаях, когда мутность воды в реке превышает транспортирующую способность оросительных каналов и располагают их обычно вместе с водозаборным сооружением в одном гидротехническом плотинном узле, обеспечивающим промыв наносов (рис. 57, *в, д*). На каналах отстойники строят в тех случаях, когда в головном узле промыв наносов из отстойника затруднен по местным условиям (в безнапорных водозаборах). Их располагают: на головном участке магистрального канала; на участках, удобных по рельефным условиям для промывки отстойников; перед сифонами, дюкерами, акведуками, заиливание которых песком опасно. Отстойники могут быть с периодической и непрерывной промывкой наносов, гидравлическим и механическим удалением наносов.

По конструкции отстойники бывают однокамерные с последовательным (рис. 58, *a*) и параллельным (рис. 58, *б*) присоединением к каналу, двухкамерные (рис. 58, *в*) и многокамерные (рис. 58, *г*). При промывке однокамерного отстойника (рис. 58, *a*) канал не работает (рис. 58, *б*); в двухкамерном отстойнике одна камера промывается, вторая работает; в многокамерном одна камера промывается, остальные работают. Чем больше камер одновременно работают, тем меньше нужен промывной расход воды.

Отстойники с периодической промывкой (рис. 58, *a, д*) имеют ширину камер обычно около 5—7 м, длину 15—20 м, глубину 4—

6 м, уклон дна 0,02—0,005, время промывки камеры 0,5—1,0 ч и период заиления ее от 1 до 5 дней. Промывные отверстия 5 располагают у дна, ширина их в 1,5—2,0 раза меньше ширины камеры. Из подводящего канала 1 вода поступает в переходную камеру 2, в которой устанавливают 2—3 ряда вертикальных решеток 3 для выравнивания входных скоростей в камерах. В камере 4 вода течет с малой скоростью, наносы оседают на дно, осветленная вода вытекает в смесительный колодец 6 и из него в магистральный канал 7. Заиление камеры допускают до тех пор, пока живое сечение ее уменьшится, а скорости возрастут настолько, что наносы начнут поступать в канал. Для промывки камеры затворы в конце отстойника 8 опускают, затворы при входе в отстойник 9 приспускают так, чтобы проходил только промывной расход, затем открывают затворы промывной галереи 10. В камере создаются скорости 2,5—3,5 м/сек, и наносы удаляются. После смыва всех наносов затворы галереи опускают, затворы при входе и выходе из отстойника открывают и цикл очистки воды повторяют.

Расчет отстойника состоит из: определения расчетной мутности и состава взвешенных наносов при входе в отстойник и при выходе из него; расчета размеров отстойника и объема наносов, отлагающихся в отстойнике; расчета гидравлической промывки при возможности ее проведения; определения мощности парка механизмов, размещения отвалного хозяйства и расчета транспортирования пульпы.

Длину отстойника  $L$  (рис. 58, д) определяют по формуле:

$$L = KH \frac{v}{\omega - u} \text{ м}, \quad (\text{I—100})$$

где  $H$  — глубина воды в кармане, м;

$v$  — скорость течения воды в кармане, которую принимают в зависимости от диаметра фракций наносов: при  $d \geq 0,5$  мм  $v = 0,25—0,45$  м/сек, при  $d > 0,25$  мм  $v = 0,20—0,35$  м/сек; в среднем  $v$  принимают равной 0,3 м/сек;

$\omega$  — вертикальная скорость выпадения частиц наносов в стоячей воде (м/сек), называемая гидравлической крупностью наносов (табл. 33);

$u$  — вертикальная скорость, препятствующая выпадению частиц в текучей воде, равная около  $1/5v$ ;

$K$  — коэффициент запаса, принимаемый 1,2—1,5.

Ширину отстойника вычисляют по формуле:

$$B = \frac{Q}{Hv} \text{ м}, \quad (\text{I—101})$$

где  $Q$  — расход воды отстойника, м<sup>3</sup>/сек.



Гидравлическая крупность наносов

Диаметр частиц, мм	$\omega$ , см/сек	Диаметр частиц, мм	$\omega$ , см/сек	Диаметр частиц, мм	$\omega$ , см/сек
3,0	19,25	0,6	6,48	0,10	0,690
2,0	15,29	0,4	4,32	0,05	0,179
1,0	9,44	0,3	3,24	0,02	0,030
0,8	8,07	0,2	2,16	0,01	0,007

Из формул (I—100) и (I—101) видно, что глубина камеры и ее расчетная длина уменьшаются с увеличением ширины камеры. Окончательные размеры отстойника принимают на основании технико-экономического сравнения вариантов, по строительным и эксплуатационным показателям.

Ширину камеры отстойника принимают: для однокамерного отстойника с механической очисткой — равной одной или двум ширинам захвата землесоса; в двухкамерных отстойниках с механической очисткой — исходя из условий подачи пульпы на один берег; для отстойников с гидравлической или комбинированной очисткой — с учетом возможного сокращения промывного расхода и наиболее полного его использования. Глубина и длина отстойника должны обеспечить нужное осветление потока при низких уровнях воды в источнике и пропуске расчетных расходов.

Расчетный объем наносов, отлагающихся в камере, равен:

$$V = (\rho - \rho_{кр}) \frac{QT}{\alpha} \text{ м}^3, \quad (\text{I—102})$$

где  $Q$  — расчетный расход воды в каналах,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$T$  — продолжительность работы камеры,  $\text{сек}$ ;

$\alpha$  — объемный вес наносов, отлагающихся в отстойнике,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$\rho$  — расчетная среднемноголетняя мутность воды, поступающей в отстойник,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$\rho_{кр}$  — расчетная мутность воды при выходе из отстойника, соответствующая наименьшей транспортирующей способности воды в канале ( $\text{т}/\text{м}^3$ ), которая равна:

$$\rho_{кр} = 700 \frac{v}{\omega} \sqrt{\frac{Rv}{\omega}} \eta_c, \quad (\text{I—103})$$

где  $I$ ,  $R$ ,  $v$  — уклон, гидравлический радиус,  $\text{м}$ , и скорость течения воды в канале,  $\text{м}/\text{сек}$ ;

$\omega$  — средневзвешенная гидравлическая крупность наносов,  $\text{мм}/\text{сек}$ ;

$\eta_c$  — к. п. д. системы каналов от отстойника до расчетного участка канала.

Мелкие наносы диаметром 0,1 мм и меньше имеют много питательных веществ, поэтому их транспортируют на поля.

Зная объемы наносов, определяют мощность парка механизмов, и место складирования наносов или рассчитывают транспортирование пульпы.

## ГЛАВА 8

# ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ И ЗАСОЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ. ВОДОСБОРНО-СБРОСНАЯ И ДРЕНАЖНАЯ СЕТЬ

### § 31. Предупреждение засоления и заболачивания орошаемых почв

**Причины засоления и заболачивания орошаемых земель.** Засолением почвы называется избыточное скопление в корнеобитаемом слое, электролитных (растворенных или поглощенных) солей  $MgCl_2$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $Na_2SO_4$ , которые угнетают или губят сельскохозяйственные растения, снижают качество и количество урожая. Засоление почвы широко распространено в природных условиях; в СССР имеется более 100 млн. га засоленных земель.

В корнеобитаемый слой почвы соли могут поступать из засоленных грунтов и грунтовых вод, вместе с поливной водой, от минерализации растительных остатков, вместе с соленой пылью, которая образуется при развевании ветром солончаков или от разбрызгивания морской воды штормовыми ветрами.

Соли в почве находятся в растворенном или поглощенном состоянии, поэтому движение воды в почве неизбежно вызывает движение солей, и тем больше, чем лучше их растворимость в воде. В процессе полива нисходящие токи воды перемещают соли из верхних горизонтов почвы в нижние, после полива восходящие токи воды поднимают соли вверх; происходит миграция солей.

При близком залегании грунтовых вод образуется постоянный восходящий ток воды, которая, испаряясь, отлагает соли в почве. Количество солей  $S$  (кг), которое отлагается в почве на площади 1 га, при испарении грунтовых вод равно:

$$S = qct \text{ кг/га}, \quad (I-104)$$

где  $q$  — объем испаряющейся воды в сутки,  $m^3/га$ ;

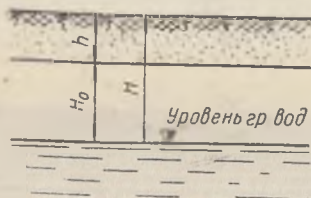


Рис. 59. Критическая глубина залегания уровня грунтовых вод:

$h$  — глубина корнеобитаемого слоя;  $H_0$  — высота капиллярного подъема воды.

корнеобитаемого слоя, то грунтовые воды не будут испаряться и засоления почвы не произойдет.

Наибольшая глубина грунтовых вод  $H$ , при которой начинается засоление почвы, называется критической глубиной залегания уровня грунтовых вод (рис. 59). В условиях орошения она равна сумме глубины корнеобитаемого слоя  $h$  и высоты капиллярного подъема воды  $H_0$ . Для суглинистых почв  $H = H_0 + h = = 2,5 + 4,0$  м.

Засоление почвы, которое происходит вследствие испарения близко расположенных грунтовых вод или полива сильно минерализованной водой, называется вторичным. В орошаемых районах Средней Азии слабо и сильно засолено 53%, а в Закавказье — 40% всех орошаемых земель. Засоление не является неизбежным следствием орошения. Имеются миллионы гектаров незасоленных земель, которые орошаются столетиями. Часто орошение рассоляет засоленные почвы; но земли, которые поливают избыточно, при отсутствии оттока грунтовых вод засоляются, а иногда и заболачиваются.

**Меры предупреждения засоления и заболачивания орошаемых земель.** Для предупреждения скопления солей в почве необходимо: уменьшать испарение воды из почвы комплексом агротехнических мероприятий; снижать высоту капиллярного подъема грунтовых вод путем улучшения структуры почвы; понижать уровень грунтовых вод с помощью комплекса мелиоративно-эксплуатационных мероприятий и путем устройства коллекторно-дренажной сети.

К агротехническим мероприятиям, предотвращающим засоление орошаемой почвы, относится: введение посевов трав, обеспечивающих создание прочной комковатой структуры почвы; глубокая зяблевая пахота, предпосевная обработка почвы и культивация после поливов, которые уменьшают испарение воды почвой, улучшают водный, воздушный и солевой режим почвы; внесение в почву органических удобрений (навоз, сидераты, ком-

$c$  — содержание солей в испаряющейся воде,  $кг/м^3$ ;  
 $t$  — продолжительность испарения в сутках.

Капиллярное засоление почвы происходит тем интенсивнее, чем больше испарение, чем выше засоленность воды и чем продолжительнее процесс испарения.

Грунтовые воды испаряются почвой и растениями в том случае, если капиллярная кайма грунтовых вод соприкасается с корнеобитаемым слоем почвы, если же кайма лежит ниже

пост); гипсование солонцеватых почв; планировка и выравнивание поверхности почвы; затенение поверхности почвы растениями; выращивание лесных полос вдоль постоянных каналов, которые улучшают микроклимат, снижают испарение воды почвой и действуют, как биологический дренаж. В соответствии с местными природными условиями орошаемого массива для предупреждения засоления почв составляют комплекс необходимых агротехнических мероприятий.

Очень важную роль в предотвращении вторичного засоления и заболачивания орошаемых земель играют мелиоративно-эксплуатационные мероприятия; к ним относятся: 1) применение рациональной техники полива с правильными поливными нормами без сброса, исключающими питание грунтовых вод; 2) повышение к. п. д. оросительной системы (борьба с фильтрацией воды из каналов, строгое выполнение плана водопользования системы при обязательном круглосуточном поливе, уменьшение густоты постоянных каналов); 3) жесткое ограничение работы каналов в осенне-зимнее время, так как потери воды в этот период почти полностью идут на питание грунтовых вод; продолжительность промывки засоленных почв следует сокращать до минимума, а водоснабжение осуществлять из колодцев; 4) нормирование подачи воды во все каналы строго по графику водоподачи, для чего все головы оборудуют шлюзами-регуляторами или трубчатыми водовыпусками; 5) размещение рисовых полей с самостоятельной сбросной сетью в наиболее низких участках, а не среди других орошаемых культур; соблюдение промывных норм при промывке засоленных почв; 7) недопущение затопления орошаемых земель паводковыми водами (обвалование или регулирование рек); 8) недопущение поверхностных или грунтовых вод с вышележащих водосборов на орошаемые земли (устройство нагорных и ловчих каналов или дрен); 9) при близком стоянии засоленных грунтовых вод и слабом их оттоке устройство коллекторно-дренажной сети и промывка сильнозасоленных почв.

## § 32. Водосборно-сбросная сеть

**Назначение и расположение водосборно-сбросной сети.** На оросительных системах в понижениях скапливаются поверхностные воды при выпадении ливней, поливе со сбросом, опорожнении каналов после поливов и фильтрации воды из каналов. Они питают грунтовые воды и являются местом размножения малярийного комара. Для отвода излишних поверхностных вод строят водосборно-сбросную сеть в виде открытых каналов.

Сбросные каналы располагают по естественным понижениям местности, с максимальным использованием тальвегов, по кратчайшему расстоянию до водоприемника, вдоль существующих

дорог, независимо от кюветов и по кюветам, по границам землепользования и вдоль распределительных каналов. Внутрехозяйственные сбросы отводят воду в хозяйственный сброс, а последние — в главный сброс. Наименьшее расстояние между сбросными каналами принимают 800—1200 м, а при двухстороннем командовании распределителей — вдвое больше.

Оросительные каналы с расходом 250 л/сек и более оканчиваются не тупиком, а сбросными сооружениями, через которые вода сбрасывается в сбросные каналы.

На крупных межхозяйственных распределителях, магистральных каналах и его ветвях, кроме концевых сбросов, устраивают аварийные сбросы. Если крупные оросительные каналы располагаются поперек естественных склонов, то с их верховой стороны устраивают нагорные каналы, которые служат для перехвата поверхностных паводковых вод и ливней.

**Конструкция и расчет каналов.** Водосборно-сбросные каналы строят в выемке и, как правило, трапецеидального сечения, элементы поперечного профиля каналов определяют гидравлическим расчетом, заложение откосов принимают по данным таблицы 23 для подводной части откоса. Ширину по дну определяют расчетом, но принимают не менее 0,3 м, а глубину — 0,8—1,0 м. Скорости течения воды в каналах должны быть меньше размывающих при пропуске максимальных расходов и больше заиляющих ( $v_{\text{мин}} > 0,3 \text{ м/сек}$ ), чтобы каналы не заилялись и не зарастали.

Горизонты воды в сбросных каналах при расчетных расходах должны быть на 15—20 см ниже поверхности земли, они должны обеспечивать сброс поверхностных вод из самых низких мест. Горизонт воды в водосборно-сбросном канале высшего порядка должен быть не менее чем на 5 см ниже горизонта воды в сбросном канале низшего порядка.

Расчетный расход аварийного сброса из сбросного канала и его ветвей принимают равным половине нормального расхода воды в канале у места аварийного сброса. В особых случаях (как исключение) допускается увеличение расчетного расхода аварийного сброса до 70% величины нормального расхода канала.

Расчетный расход воды концевых сбросов для каналов в земляном русле принимают равным 0,25—0,50 нормального расхода постоянного оросительного канала на концевом участке. Расчетный расход водосборных каналов принимают до 30% суммы нормальных расходов одновременно действующих оросительных каналов, сбрасывающих воду в данный водосборный канал.

Расчетный расход талых и ливневых вод нагорных каналов определяют гидрологическим расчетом.

Сбросную сеть рисовых оросительных систем рассчитывают на пропуск максимальных расходов при удалении воды с чеков перед уборкой в 2—3 суток с модулем стока поверхностных вод.

равным  $0,58 \div 0,38$  л/сек с 1 га. Коллекторы, обслуживающие большие площади, рассчитывают обычно на модуль стока от 1,0 до 1,5 л/сек на 1 га, учитывая одновременность сброса воды с разных полей. Глубину водоотводящих каналов картовых сбросов принимают не менее 0,8—1,0 м и соответственно увеличивают для коллекторов.

Для опораживания оросительных каналов от воды в конце распределителей и в местах катастрофического сброса строят выпускные сооружения. В местах пересечения сбросных каналов с дорогами строят мосты и трубы, в местах пересечения с оросительными каналами — трубы и дюкеры, в местах крутого падения местности — перепады, быстротоки, консоли.

### § 33. Дренажная сеть на орошаемых землях

**Водный баланс орошаемой территории.** Количество воды, которое нужно отвести дренажем с мелиорируемой территории, определяется на основе изучения работы действующей коллекторно-дренажной сети в условиях, близких к условиям рассматриваемого объекта, а если такой возможности нет, — на основе анализа водного баланса орошаемой территории.

Водный баланс орошаемой территории показывает количество воды, которое поступает за расчетный период времени на эту территорию, и количество воды, которое уходит за ее пределы в течение этого же периода, то есть он выражает суммарное изменение запасов воды в границах рассматриваемой территории за определенный период времени. Водный баланс составляется по всем мелиоративным районам и подрайонам с установлением четких границ в плановом и вертикальном положении.

Водный баланс орошаемой территории выражается уравнением:

$$\Delta W = B + V + G + P - C - O - E, \quad (1-105)$$

где  $\Delta W$  — суммарное изменение запасов воды в границах рассматриваемой территории;

$B$  — водозабор;

$V$  — приток поверхностных вод, помимо водозабора;

$G$  — приток грунтовых вод со стороны или подпитывание грунтовых вод напорными водами;

$P$  — атмосферные осадки;

$C$  — суммарные сбросы за пределы территории по коллекторно-сбросной сети;

$O$  — подземный отток за пределы территории;

$E$  — испарение с поверхности почвы, водной поверхности и транспирация растений.

Приращение запаса воды  $\Delta W$  может быть положительным и отрицательным. Если  $\Delta W$  отрицательно, то запасы воды в почвенно-грунтовой толще уменьшаются и уровень грунтовых вод понижается до критической глубины. Если сумма первоначального запаса  $W$  и приращения воды  $\Delta W$  превысит потенциальную влагоемкость  $W_0$  на величину  $\Delta G$ , то эта разница пойдет на повышение уровня грунтовых вод на величину  $\Delta H$ :

$$\Delta H = \frac{\Delta G}{\delta \cdot 10\,000} \text{ м,} \quad (I-106)$$

где  $\Delta G = W + \Delta W - W_0 \text{ м}^3/\text{га}$ ;

$\delta$  — дефицит заполнения почвогрунта водой до полной влагоемкости, равный 0,08—0,40 объема почвы.

Для предупреждения подъема грунтовых вод необходимо уменьшать приходные и увеличивать расходные элементы водного баланса.

**Виды дренажа и условия его применения.** В тех случаях, когда минерализованные грунтовые воды залегают на глубине менее критической, их естественный отток недостаточен, а комплекс агротехнических и гидромелиоративных мероприятий по предупреждению засоления и заболачивания почвы не обеспечивает нужного понижения грунтовых вод, то их отток увеличивают искусственно путем устройства дренажа.

Под дренажем на оросительных системах понимают совокупность гидротехнических сооружений (дрен, коллекторов, насосных станций), посредством которых собирают и отводят почвенно-грунтовые воды с орошаемого массива.

На орошаемых землях дренаж применяют для понижения уровня грунтовых вод, для рассоления засоленных почв и предупреждения их вторичного засоления.

Дренаж на оросительных системах делится на два вида: горизонтальный и вертикальный. Горизонтальный дренаж может быть открытого или закрытого типа.

В открытом дренаже дрены представляют собой глубокие каналы в выемке, а в закрытом дренаже — трубы, проложенные в земле, которые принимают и отводят грунтовую воду с полей и подают ее в коллекторы, отводящие воду в водоприемники.

В зависимости от расположения дрен на орошаемой территории дренаж может быть: а) систематическим, б) выборочным, в) головным (ловчим) и г) береговым.

Систематический дренаж — это система горизонтальных дрен, расположенных более или менее равномерно по всей дренируемой территории. Первичные дрены, объединяемые одним коллектором, располагаются обычно параллельно друг другу.

Выборочный дренаж представляет собой систему дрен, расположенных сравнительно редко в пониженных элементах рельефа.

Головной (ловчий) дренаж строят вдоль верхней границы территории для перехвата и отвода внешнего поверхностного и грунтового потока, поступающего в значительных размерах на орошаемый массив. Иногда понижение грунтовых вод достигается только головным дренажем.

Береговой дренаж строят в виде горизонтальной береговой дрены или в виде вертикальных колодцев, расположенных вдоль берега, которые перехватывают подземный поток со стороны реки или водохранилища и устраняют подтопление орошаемой территории.

**Состав, расположение и устройство коллекторно-дренажной сети.** Горизонтальный дренаж состоит из дрен, внутрихозяйственных и межхозяйственных, коллекторов различных порядков, ловчих и береговых дрен, сооружений на дренажно-коллекторной сети.

Коллекторно-дренажную сеть в плане располагают с учетом рельефа и почвенно-мелиоративных условий территории, расположения элементов оросительной системы, организации территории, прогрессивных приемов агротехники и высокопроизводительного использования сельскохозяйственных машин.

Для ускорения отвода воды дрены располагают в направлении гидроизогипс, а коллекторы — поперек дрен по уклону местности. Чтобы фильтрационные воды не вмывали мелкозем в дрены, их нельзя располагать под оросительными каналами и вдоль них; дрены должны отстоять от оросительных каналов на 20—30 м и более. Во время промывок полосу шириной 10 м над дренаем ограждают валиками и не затапливают водой.

Глубину открытых дрен принимают 1,5—2,5 м, открытых коллекторов 2,5—3,5 м. Открытые дрены располагают на расстоянии 1 км друг от друга.

Открытая сеть имеет следующие недостатки: сельскохозяйственные машины работают в стесненных условиях; каналы зарастают сорняками и являются рассадниками малярийных комаров; откосы каналов оползают, глубина их уменьшается и эксплуатационные расходы по содержанию каналов в рабочем состоянии составляют от 2 до 8% их строительной стоимости. Для устранения этих недостатков строят закрытый дренаж.

Закрытые дрены делают из гончарных трубок длиной по 33 см диаметром 50—200 мм или из крупнопористого бетона, пористого асфальтобетона и полиэтилена, которые укладывают шпиртык со щелями 0,5—1,0 мм. Сверху щели покрывают толем или обсыпают гравием. Минимальные уклоны дрен принимают по таблице 34. Если дрены укладывают в мелком песке или илистом грунте, скорость течения воды в трубах должна быть не менее 0,4 м/сек для нормального расхода.

Между дренами образуется депрессионная поверхность, имеющая форму параболического свода (рис. 60). Верх этого





Рис. 60. Схема понижения уровня грунтовых вод горизонтальным дренажем:

1 — уровень грунтовых вод до постройки дренажа; 2 — депрессионная кривая грунтовых вод при дренаже; 3 — горизонтальные дренажи;  $H$  — критическая глубина грунтовых вод.

свода должен быть ниже критической глубины  $H$ . Глубина закладки дрен равна  $H_1 = H + h_0$ . Наименьшее значение  $h_0$  практически принимают в легких почвах 20—30 см; в средних 30—40 см и в тяжелых 40—50 см. Чем меньше напор  $h_0$ , тем меньше скорость стекания воды в дренажи, тем медленнее понижается уровень грунтовых вод.

Критическая глубина грунтовых вод зависит от капиллярных свойств почвы, от засоленности грунтовых вод и в проектах для целинных земель Голодной степи принята 2,0—2,8 м, для почв Средней Азии — 2,5—3,0 м, для условий Азербайджана — 1,50—1,75 м, Кура-Араксинской низменности — 1,4—2,2 м и для Западной Сибири 1,5—1,7 м.

ТАБЛИЦА 34

Минимальные уклоны дрен

Вид дрен	Минимальный уклон
Постоянные открытые дренажи . . . . .	0,0005
Трубчатые дренажи, $d=50-100$ мм . . . . .	0,0020
То же, $d=125-200$ мм . . . . .	0,0015
То же, $d$ более 200 мм . . . . .	0,0010

Если дренажи не обеспечат понижения грунтовых вод на критическую глубину, то происходит реставрация засоления почвы.

Расчет дренажной сети на оросительных системах. Расстояния между дренажами принимают по формуле:

$$L = (200 \div 300) \sqrt{K} \text{ м}, \quad (I-107)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации, м/сутки.

При глубине закладки дрен 3 м и глубоком залегании водопора ориентировочно расстояния между дренажами принимают по таблице 35.

Глубину заложения дрен, расстояние между ними и величину расчетного притока воды к дренажам можно определить на основании опытного изучения работы дренажа в условиях проектируемого массива или в аналогичных условиях. Если же это невозможно, то глубину заложения дрен, их сечение и расстояние между ними определяют для средних условий их работы в веге-

Расстояние между дренами на оросительных системах

Грунты	Коэффициент фильтрации, м/сутки	Расстояние между дре- нами, м
Очень тяжелые . . . . .	1	200
Тяжелые . . . . .	1—2	200—250
Средние . . . . .	3—5	300—400
Легкие . . . . .	6—10	450—550
Очень легкие . . . . .	10	550

тационный период по формулам для установившегося режима работы дренажа и проверяют на период промывки.

Диаметр труб и скорость течения воды в них при известном уклоне и расходе определяют гидравлическим расчетом по формулам равномерного движения воды при безнапорном режиме на пропуск нормального расхода. При проверке на максимальный расход допускается расчет дренажных труб, как напорных.

Расчетные расходы воды дрен определяют по формуле:

$$Q = q\omega \text{ л/сек}, \quad (I-108)$$

где  $q$  — модуль дренажного стока, л/сек с 1 га;  
 $\omega$  — площадь брутто, обслуживаемая дренами, га.

Нормальный расход определяют по среднему модулю дренажного стока за вегетационный период на основании опытных данных или в результате балансовых подсчетов; максимальный расход — по максимальному дренажному модулю для периода промывок, полученному опытным путем или вычисленному по теоретическим формулам или в результате анализа аналогичных объектов.

В практике значения дренажного модуля стока  $q$  принимают: в суглинистом грунте 0,24—0,47 м/сек с 1 га, в песчаном — 0,28—0,70, в гравелистом — 0,7—0,9 л/сек с 1 га.

Расчетный нормальный расход воды коллектора, принимающего воду из дрен:

$$Q_k = q\omega_k \text{ л/сек}, \quad (I-109)$$

где  $q$  — модуль дренажного стока, л/сек с 1 га;  
 $\omega_k$  — площадь, обслуживаемая коллектором, га.

Максимальный расход коллектора равен произведению максимального модуля дренажного стока на площадь, обслуживаемую коллектором.

При одновременной промывке всей площади за расчетный максимальный расход воды принимается большее значение из двух величин: 1) суммы максимальных расходов воды дрен, по которым возможна одновременная промывка, с добавлением 50% суммы нормальных расходов воды остальных дрен; 2) суммы нормальных дренажных расходов воды и сбросных расходов воды для вегетационного периода соответствующих участков коллектора, когда он выполняет функции водосборно-сбросной сети.

Максимальный расход воды коллектора, отводящего поверхностные воды, принимают в зависимости от количества распределителей (в земляном русле), одновременно работающих в зоне обслуживания коллектора. При двух распределителях максимальный расход равен 50% их расхода, при трех — 33%, при четырех — 25% и при пяти и более — 20% их суммарного расхода. Расчетные расходы главного коллектора равны сумме расчетных расходов коллекторов, впадающих в него до расчетного сечения.

Коллекторы для отвода сбросных или поверхностных вод устраивают, как правило, открытыми; для отвода грунтовых вод коллекторы могут быть открытого или закрытого типов. Постоянные дрены надо делать, как правило, закрытыми, трубчатыми.

При проектировании дренажно-коллекторной сети необходимо соблюдать следующие условия: в период интенсивного испарения и транспирации грунтовые воды должны быть понижены на критическую глубину; в период промывок (к окончанию промывного сезона) грунтовые воды должны быть на 0,5 м ниже поверхности; к началу сельскохозяйственных работ грунтовые воды должны быть опущены на 1,3—1,8 м от поверхности для обеспечения нормальной работы сельскохозяйственных машин; на незасоленных почвах эта глубина допускается до 0,6—1,8 м.

**Сооружения на дренажной сети оросительных систем.** Для нормальной работы коллекторно-дренажная сеть оборудуется сооружениями. В тех случаях, когда самотечный отвод дренажных вод в водоприемник невозможен или экономически нецелесообразен, для перекачки дренажных вод строят насосные станции.

При больших перепадах уровней воды при сопряжении открытых каналов (больше половины глубины воды во впадающем канале) устьевую и водоприемную части каналов укрепляют. На пересечениях дорог и оросительных каналов с открытой коллекторно-дренажной сетью строят мосты, трубы-переезды и акведуки. Трубчатые переезды допустимы лишь на начальных участках коллекторов и грунтовых дрен при незначительных их глубинах и благоприятных геологических условиях, так как они быстро заиляются, трудно очищаются от наносов и затрудняют эксплуатацию.

Все закрытые коллекторы, впадающие в открытые каналы и водоприемники, оборудуют устьевыми сооружениями.

На поворотах, при изменении уклонов, в местах сопряжения трубопроводов и на прямых участках длиной более 1 км через 200—400 м устраиваются смотровые колодцы диаметром не менее 1 м. Дно колодцев делают на 0,3—0,4 м ниже дна выводной трубы.

На границах землепользования в смотровых колодцах и устьевых сооружениях устраивают водомеры.

Вертикальный дренаж представляет собой буровые скважины (колодцы) диаметром 30—70 см, глубиной 20—150 м, закрепленные обсадными трубами с отверстиями. Вода поступает в колодцы через боковые отверстия (фильтры). Вследствие откачки воды насосами уровень грунтовых вод вокруг колодца понижается, образуя воронку радиусом  $R$  (рис. 61).

Вертикальный дренаж можно применять на массивах без сплошных водоупорных прослоек при наличии мощных крупнозернистых водоносных слоев, а также при наличии напорных грунтовых вод. Удельный дебит (на 1 м глубины откачки) колеблется от 5 до 30 л/сек. Скважины с малым удельным дебитом неэффективны.

Пресную воду, выкачиваемую из колодцев, используют обычно для полива, слабозасоленную — на полив в смеси с речной водой, а соленую воду отводят за пределы орошаемого массива.

Если нужно понизить уровень грунтовых вод на орошаемой площади, то скважины располагают по всей площади на расстоянии 1,5—3,0 км по уклону и 0,7—1,5 км по горизонтали, так что одна скважина обслуживает площадь от 100 до 400 га. Если надо перехватить грунтовой поток, поступающий на орошаемый массив извне, то скважины располагают линейно. Скважины оборудуют глубинными насосами производительностью от 20 до 400 л/сек и электромоторами мощностью от 17 до 105 квт. Стоимость скважин и их оборудования составляет от 60 до 130 руб. на 1 га, а эксплуатационные расходы за год — от 8 до 20 руб. на 1 га.

### § 34. Промывка засоленных почв

**Условия применения промывки почвы.** Если почва уже сильно засолена и содержит в метровом слое более 0,02—0,03% хлора, избыток солей удаляют промывкой, чтобы к посеву осталось

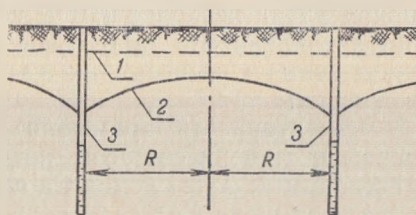


Рис. 61. Схема понижения уровня грунтовых вод вертикальным дренажем:

1 — уровень грунтовых вод до откачки; 2 — то же, после откачки; 3 — скважины.

ионов хлора не более 0,01% по весу. Для этого производят полив затоплением и дают такое количество воды, которое растворяет соли и выносит их избыток в нижние горизонты или в дренаж.

Эффективность промывки зависит от физических свойств почвы и степени ее засоления, то есть от соотношения в почве растворимых солей ионов Ca и Na. Из солончаковых почв (преобладают ионы Ca) соли сравнительно легко вымываются промывкой, если почвы достаточно водопроницаемы. В солонцеватых почвах (преобладают ионы Na) при промывке выделяются щелочи, которые обуславливают физиологическую токсичность и ухудшают физические свойства почвы. Чем больше ионов Na, тем сильнее ухудшаются свойства почвы. При содержании ионов Na от 20 до 40% общей емкости поглощения плодородие почвы полностью теряется. Поэтому перед промывкой в солонцеватые почвы надо вносить гипс  $CaSO_4$ : в результате обменной реакции поглощенный Na заменяется ионами Ca, а полученная соль  $Na_2SO_4$  вымывается водой. Промывку солонцеватых почв без химизации можно применять при наличии ионов Na не более 10% емкости поглощения.

**Промывные нормы и техника промывки.** Общее количество воды, необходимое для удаления из почвы избыточных солей промывкой на площади 1 га, называют промывной нормой. Величину промывной нормы устанавливают на основании изучения опыта промывки засоленных почв в условиях проектируемого объекта или в аналогичных почвенно-мелиоративных условиях. Если же опытные промывки не производились, величину промывной нормы определяют по формуле:

$$M = 100 H \alpha \left[ (\gamma_n - \gamma_0) + \frac{S_1 - S_2}{K} \right] \text{ м}^3/\text{га}, \quad (I-110)$$

где  $H$  — глубина промываемого слоя почвы, м;  
 $\alpha$  — объемный вес почвы, т/м<sup>3</sup>;  
 $\gamma_n$  — предельная полевая влагоемкость почвы, % по весу;  
 $\gamma_0$  — фактическая влажность почвы перед промывкой, % по весу;  
 $S_1$  и  $S_2$  — содержание солей до промывки и после промывки, % по весу;  
 $K$  — коэффициент вытеснения или вымыва солей, т на 1 м<sup>3</sup> воды; он зависит от количества и растворимости солей, от глубины грунтовых вод и от физических свойств почвы.

Величина промывной нормы колеблется в широких пределах — от 1500 до 12500 м<sup>3</sup>/га и более и складывается из двух величин: из объема воды, необходимого для насыщения слоя поч-

вы  $H$  до предельной полевой влагоемкости, и из объема воды, необходимого для вымыва растворенных избыточных солей ( $S_1—S_2$ ) в дренаж.

Засоленные земли промываются поливами, следующими друг за другом с интервалом не более восьми дней. Наибольшая эффективность промывного полива наблюдается при поливной норме, соответствующей 30—40% предельной полевой влагоемкости опресняемого слоя. Для метрового слоя на легких почвах величина промывного полива равна 700—900 м<sup>3</sup>/га, на средних — 900—1100 м<sup>3</sup>/га и на тяжелых — 1100—1500 м<sup>3</sup>/га.

Промывку следует проводить на хорошо спланированном, заборонованном и замалованном (прикатанном доской с грузом 80—130 кг) участке, разбитом на чеки размером до 0,25 га уплотненными валиками, которые исключают перелив воды через них или их прорыв. Планировку выполняют с точностью  $\pm 5$  см, высота подсыпок при планировке не должна превышать 20 см. Оросительную сеть нарезают так, чтобы вода подавалась самостоятельно в каждый чек.

На землях, предназначенных для промывки, производят почвенно-солевую съемку и составляют карту засоления с указанием плотного остатка и хлора. При промывке в первую очередь заливают солончаковые чеки, во вторую очередь снова заливают чеки с солончаками и чеки с очень сильно засоленными землями, в третью — ранее залитые чеки плюс участки с сильным засолением; в четвертый залив снова заливают все ранее залитые чеки и земли со средним засолением; последний залив производят на всей площади, включая также и незасоленные почвы, обычными нормами предпосевного полива.

Промывку ведут массивами, а не разбросанно по территории. На чеки подается воды столько, сколько предусмотрено планом промывок. После окончания промывок и подсыхания почвы ее для снижения испарения воды немедленно рыхлят и разравнивают валики.

После промывки при снижении грунтовых вод на 1 м выборочно производят солевую съемку почв, из скважин берут пробы для определения минерализации грунтовых вод. Осенью следующего года выборочную почвенно-солевую съемку повторяют.

После промывки остаются пятна остаточного засоления, которые снижают урожай сельскохозяйственных культур. Для уменьшения вредности этих пятен надо вносить на них гипс, кислые туки. На всей площади промывки необходимо создавать структуру почвы агротехническими приемами (посев трав, внесение навоза, зеленого удобрения, перегноя и т. д.).

Промывка почвы без искусственного дренажа возможна при наличии естественного дренажа, то есть когда грунтовые воды имеют достаточный отток за пределы орошаемого массива.

Если нет оттока грунтовых вод, почву можно промывать при устройстве глубокого дренажа, который обеспечивает устойчивое опреснение засоленных почвогрунтов.

Эффективность дренажа проверена на Муганской опытно-мелиоративной станции, где в короткий срок с помощью глубоких закрытых дрен и промывок удалось опреснить сильнозасоленные земли, обеспечить благоприятный водно-солевой режим почвогрунтов и ежегодно выращивать 35—45 ц/га хлопка-сырца.

Затраты на мелиорацию засоленной территории (дренажно-коллекторная сеть, планировка полей, промывка) составляют 400—640 руб. на 1 га; они окупаются в первые же годы освоения.

### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 8.* Запроектировать дренажную сеть на орошаемом участке для предупреждения заболачивания и вторичного засоления.

Орошаемый участок расположен в южной части Голодной степи. По климатическим условиям район орошения относится к области сухих степей. Количество осадков 220 мм в год. Уклоны местности 0,003—0,005. Почвы — легкие суглинки, подстилаемые с глубины 2—2,5 м супесками и песками с коэффициентом фильтрации 2,5 м/сутки. Водоупор залегает на большой глубине. Критическая глубина залегания грунтовых вод 2—3 м. Грунтовые воды минерализованные. Пополнение грунтовых вод происходит главным образом за счет оросительных и промывных вод. Естественный отток грунтовых вод затруднен.

Оросительная сеть состоит из хозяйственного распределителя Х-1 двухстороннего командования, шести участковых распределителей У-1, У-2, ..., У-6 и временных оросителей, идущих вдоль склона. Общая площадь участка  $\omega_{бр} = 342$  га (рис. 62).

Недостаточный отток грунтовых вод вызывает необходимость устройства дренажа. Так как толщина грунта не содержит мощных песчано-гравелистых прослоек, то для дренирования можно применить горизонтальный дренаж. При довольно ровном рельефе и однородном строении почв и подстилающих грунтов наиболее целесообразным будет систематический дренаж. Для удобства проведения всех сельскохозяйственных работ и для уменьшения затрат средств на содержание сооружений проектируем закрытый дренаж.

При уклонах местности 0,003—0,005 и примерно равном ему уклоне зеркала грунтовых вод принимаем поперечный дренаж, при котором дрены будут располагаться под небольшим углом к горизонталям, то есть поперек склона.

Коллекторно-дренажная сеть на участке будет состоять из регулирующих гончарных дрен длиной до 900 м и двух закрытых коллекторов К-1 и К-2 длиной 1830 и 1900 м. Коллекторы располагаются по восточной и западной границам участка и впадают в главный открытый коллектор, обслуживающий дренажные системы других хозяйств (рис. 62).

Дрены располагаются между постоянными (участковыми) оросительными каналами, но не ближе 30—50 м от них.

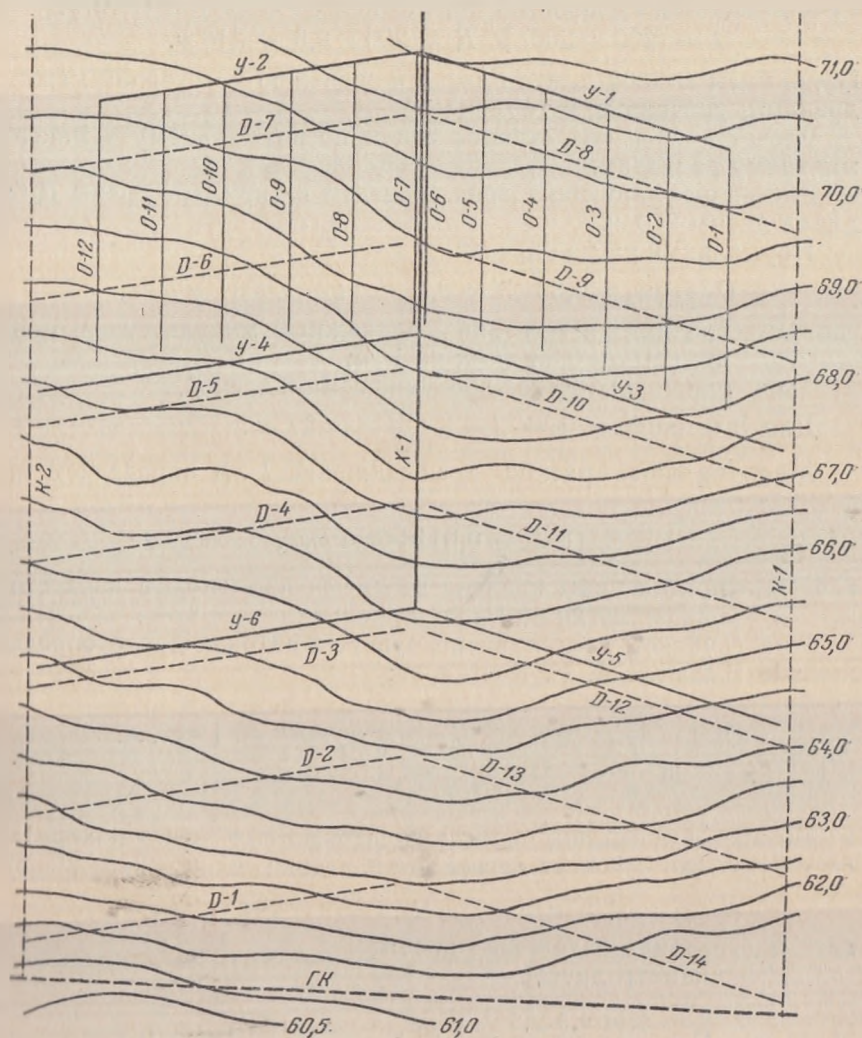


Рис. 62. Схема дренажно-коллекторной сети.



Глубина заложения дрен будет складываться из критической глубины грунтовых вод  $h_{кр}$  и напора  $h_0$ , равного разности уровней воды кривой депрессии посередине между дренами и в дрене.

Принимаем среднюю критическую глубину  $h_{кр} = 2,80$  м, остаточный напор  $h_0 = 0,50$  м.

Глубина заложения дрен:

$$h = h_{кр} + h_0 = 2,80 + 0,50 = 3,30 \text{ м.}$$

Расстояние между дренами определяем по формуле (1-107):

$$L = (200 + 300) \sqrt{K} = 200 \sqrt{2,5} = 316 \text{ м.}$$

Принимаем  $L = 300$  м, что близко к значению расстояний между дренами, указанных в таблице 35.

Расчет дрен и коллекторов ведем по нормальному и максимальному расходам.

Расчет регулирующих дрен проведем на примере дрены Д-6; длина дрены 900 м.

Нормальный расход дрены:

$$Q_n = q\omega_d = 0,30 \cdot 27 = 8,1 \text{ л/сек} = 0,0081 \text{ м}^3/\text{сек},$$

где  $q$  — средний за вегетацию дренажный модуль стока, принимаем  $q = 0,30$  л/сек на 1 га;

$\omega_d$  — площадь брутто, обслуживаемая дренами.

$$\text{Для Д-6 площадь } \omega = Ll = \frac{300 \cdot 900}{10.000} = 27 \text{ га.}$$

Максимальный расход дрены длиной  $l$  км определяем по формуле:

$$Q_{\max} = 0,0116 Ql \text{ м}^3/\text{сек},$$

где  $Q$  — приток воды к дрене во время промывок с двух сторон,  $\text{м}^3/\text{сутки}$  на 1 пог. м дрены.

При глубоком залегании водоупора приток к дрене определяем по формуле А. Н. Костякова:

$$Q = \frac{\pi KH}{\ln \frac{L}{d} - 1} = \frac{\pi KH}{2,3 \lg \frac{L}{d} - 1} \text{ м}^3/\text{сутки на 1 пог. м.}$$

Во время промывок уровень грунтовых вод может находиться на глубине 0,5 м от поверхности. Тогда напор над дренами

$$H = h - 0,50 - d = 3,30 - 0,50 - 0,30 = 2,50 \text{ м,}$$

где  $h$  — глубина заложения дрены;

$d$  — диаметр дрены.

$$Q = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 2,5}{2,3 \lg \frac{300}{0,3} - 1} = 3,32 \text{ м}^3/\text{сутки на 1 пог. м.}$$

Максимальный расход дрены

$$Q_{\text{макс}} = 0,0116 \cdot 3,32 \cdot 0,9 = 0,0347 \text{ м}^3/\text{сек} = 34,7 \text{ л/сек.}$$

Цель гидравлического расчета дрены — проверить запроектированный диаметр дрены и скорость течения воды в ней.

Максимальная допустимая скорость течения воды  $v_{\text{макс}} = 1,20 \text{ м/сек}$ , минимальная при песчаных грунтах  $v_{\text{мин}} = 0,30 \text{ м/сек}$ .

Коэффициент шероховатости при трубках до 1 м длиной  $n = 0,015$ .

Диаметр дрены проверяем на пропуск максимального расхода. Гидравлический радиус  $R = \frac{d}{4} = \frac{0,30}{4} = 0,075 \text{ м}$ .

Коэффициент формулы Шези при работе трубы полным сечением:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} = \frac{1}{0,015} 0,075^{1/6} = 43,3.$$

Расход, пропускаемый дренаем, определяем по формуле:

$$Q_p = 0,39 C d^{5/2} i^{1/2} = 0,39 \cdot 43,3 \cdot 0,30^{5/2} \cdot 0,002^{1/2} = 0,037 \text{ м}^3/\text{сек} = 37 \text{ л/сек},$$

что даже немного превышает расчетный расход.

Скорость течения воды при работе полным сечением:

$$v = 0,5 C d^{1/2} i^{1/2} = 0,5 \cdot 43,3 \cdot 0,30^{0,5} \cdot 0,002^{0,5} = 0,53 \text{ м/сек} < 1.$$

Определяем заполнение трубы при пропуске нормального расхода  $Q_{\text{н}} = 0,0081 \text{ м}^3/\text{сек} = 8,1 \text{ л/сек}$ . Расчет ведем, как канализационных труб, работающих неполным сечением.

Относительный расход:

$$A = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_p} = \frac{8,1}{37,0} = 0,219.$$

По учебнику В. А. Комова «Гидравлика» (Сельхозгиз, изд. 3-е, табл. 21) находим, что значению  $A = 0,219$  соответствует наполнение  $h = 0,32 d$ .

По таблице 20 того же учебника находим, что при таком наполнении площадь живого сечения будет:

$$\omega_1 = 0,217 d^2 = 0,217 \cdot 0,30^2 = 0,0195 \text{ м}^2.$$

Скорость течения воды

$$v = \frac{Q_p}{\omega_1} = \frac{0,0081}{0,0195} = 0,41 \text{ м/сек} > 0,30 \text{ м/сек}.$$

Следовательно, размеры дрены и скорости течения приняты правильно.

Теперь выполним расчет коллектора. Для расчета принимаем коллектор К-2.

Составляем продольный профиль коллектора (рис. 63).

По профилю определяем уклоны коллектора:

на участке ПК 0 — ПК 8  $i = 0,0047$ ;

на участке ПК 8 — ПК 19  $i = 0,004$ .

Площадь водосбора в устье коллектора  $\omega_k = 171$  га, на ПК 8  $\omega_k = 109$  га.

Нормальные расходы:

в устье  $Q_k = q\omega_k = 0,30 \cdot 171 = 51,3$  л/сек;

на ПК 8  $Q'_k = q\omega'_k = 0,30 \cdot 109 = 32,7$  л/сек.

Максимальный расход коллектора определяем из условия, что одновременно промывка будет производиться только на участке, обслуживаемом двумя дренами. Нижний участок

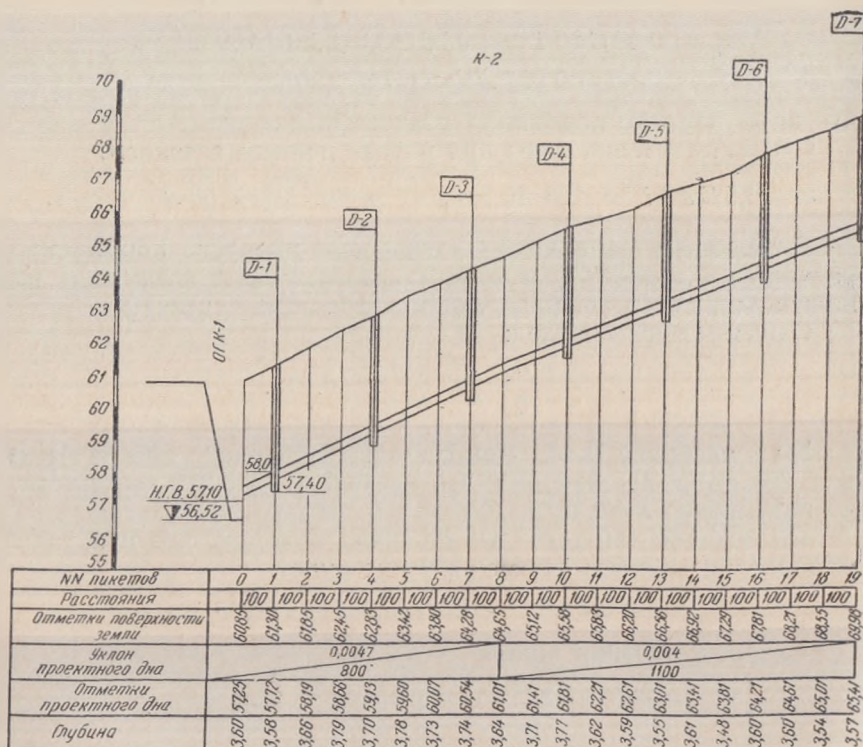


Рис. 63. Продольный профиль коллектора.

коллектора обслуживает семь дрен, верхний — четыре дрены. Расходы дрен указаны выше.

Тогда максимальный расход коллектора на нижнем участке

$$Q_{к.макс} = 2Q_{д.макс} + \frac{(7-2)Q_{д.н}}{2} = 2 \cdot 34,7 + \frac{5 \cdot 8,1}{2} = 89,7 \text{ л/сек};$$

на пикете 8

$$Q'_{к.макс} = 2Q_{д.макс} + \frac{2Q_{д.н}}{2} = 2 \cdot 34,7 + \frac{2 \cdot 8,1}{2} = 77,5 \text{ л/сек}.$$

Принимаем диаметр коллектора  $d=0,35$  м и проверяем принятое сечение по формуле  $Q=0,39 C d^{1/2} i^{1/2}$ ; скорость течения воды определяем по формуле  $v = \frac{4Q}{\pi d^2}$ ; расчет сводим в таблицу 36.

ТАБЛИЦА 36

Гидравлический расчет коллектора на максимальный расход

№ пикета расчетно- го сечения	$Q_{макс}$ , м <sup>3</sup> /сек	$i$	$n$	$d$ , м	$d^{2,5}$	$C$	$Q$ , м <sup>3</sup> /сек	$v$ , м/сек
0	0,0897	0,0047	0,013	0,35	0,0725	51,2	0,099	1,03
8	0,0775	0,004	0,013	0,35	0,0725	51,2	0,091	0,95

Определяем минимальную скорость течения при пропуске нормального расхода.

В устье коллектора  $Q_k = 51,3$  л/сек.

$$\text{Относительный расход } A = \frac{Q_k}{Q} = \frac{51,3}{99,0} = 0,518.$$

При  $A=0,518$  заполнение трубы будет  $h=0,51 d$  (Кочмов В. А. «Гидравлика», табл. 21).

Площадь живого сечения  $\omega = 0,40 d^2 = 0,40 \cdot 0,35^2 = 0,049$  м<sup>2</sup>

$$\text{Скорость течения воды } v = \frac{Q_k}{\omega} = \frac{0,0513}{0,0490} = 1,04 \text{ м/сек}.$$

На пикете 8 расход  $Q'_k = 32,7$  л/сек.

Относительный расход  $A = \frac{Q'_k}{Q} = \frac{32,7}{91} = 0,36$ . Заполнение трубы  $h=0,415 d$ . Площадь живого сечения  $\omega_1 = 0,308 d^2 =$

$$= 0,308 \cdot 0,35^2 = 0,0377 \text{ м}^2. \text{ Скорость течения воды } v_1 = \frac{Q'_k}{\omega_1} =$$

$$= \frac{0,0327}{0,0377} = 0,87 \text{ м/сек}.$$

Таким образом, сечения коллектора оказались достаточными, и скорость течения находится в допустимых пределах.

Сопряжение дрены с коллектором производим в смотровых колодцах, располагая низ трубы коллектора на  $0,8 d = 0,8 \cdot 0,35 = 0,28$  м ниже низа трубы дрены, где  $d$  — внутренний диаметр коллектора.

Смотровые колодцы устраиваем также через 200—400 м по длине дрен в местах перелома профиля и изменения диаметра дрен. Диаметр дрен следует уменьшать от устья дрены к ее истоку в соответствии с уменьшением расхода воды. Учитывая наличие песчаных грунтов, диаметр дрен в истоке берем не менее 7,5 см.

При впадении коллектора в открытый главный коллектор устраиваем бетонное устье, располагая лоток устьевой трубы коллектора выше нормального горизонта воды в главном коллекторе не менее чем на 10 см.

## ГЛАВА 9

# ОРОШЕНИЕ С МЕХАНИЧЕСКИМ ПОДЪЕМОМ ВОДЫ

### § 35. Общие сведения о насосных станциях

**Условия применения механического орошения.** При механическом орошении вода поднимается насосами из источника орошения до высших отметок орошаемой территории, откуда распределяется самотеком по трубам или каналам.

Механический подъем воды на орошение применяют в тех случаях, когда уровень воды в водоисточнике ниже необходимого горизонта воды в канале, а подъем другими способами является экономически нецелесообразным.

Для механического подъема воды обычно строят насосные станции, при малых расходах и напорах воды иногда используют норрии, чигири, водоподъемные колеса.

Механический подъем воды позволяет орошать высокорасположенные обычно плодородные земли.

Большие затраты энергии на подъем воды и соответственно высокие эксплуатационные расходы являются существенными недостатками механического орошения.

**Общие сведения о насосных станциях.** Комплекс гидротехнических сооружений, энергетического и гидромеханического оборудования, обеспечивающих забор воды из источника, подъем и транспортирование ее к месту потребления, называется насосной станцией.

По назначению насосные станции делят на оросительные, осушительные, водопроводные, канализационные и др.

По роду привода оросительные насосные станции делят на станции с электродвигателями, двигателями внутреннего сгорания, с ветродвигателями и др.

По насосному оборудованию — на станции с центробежными, пропеллерными, поршневыми и другими насосами.

По расположению оборудования относительно поверхности земли — на наземные (открытые) и заглубленные.

По расположению здания насосной станции относительно водоисточника — на береговые и русловые.

По конструктивным признакам здания насосных станций делят на здания «водопроводного», «камерного» и «блочного» типа.

По характеру управления — с децентрализованным, централизованным полуавтоматическим и автоматическим управлением.

По режиму работы — на сезонные и круглогодочные.

Насосные станции могут быть стационарными и нестационарными (плавающие, фуникулерные, передвижные).

Оросительные насосные станции, забирающие воду из открытых водоисточников, называются головными станциями, или станциями первого подъема, а станции, забирающие воду из оросительных каналов, называют зональными (перекачивающими), или станциями второго, третьего подъема. Станции, поднимающие воду из буровых скважин, называют артезианскими.

Узел сооружений головной оросительной станции (рис. 64, а, б) состоит из водозаборного сооружения 1, подводящего канала 2, отстойника 3, водоприемника 4, подающего воду из отстойника в самотечную линию, самотечной линии 5, берегового колодца 6, всасывающего трубопровода 7, здания насосной станции с оборудованием в нем 8, напорного трубопровода 9 и напорного (водовыпускного) бассейна 10. В большинстве случаев узел сооружений станции состоит не из всех, а только из некоторых перечисленных элементов.

Узел сооружений зональной насосной станции состоит из аванкамеры, здания станции камерного типа с оборудованием в нем напорного трубопровода и напорного бассейна.

Место расположения узла насосной станции выбирают с таким расчетом, чтобы длина тракта водоподдачи была минимальной, в основании сооружений и в месте водозабора залегали прочные и устойчивые грунты, а гидравлические условия забора воды и защиты от захвата наносов и от ледовых явлений были наиболее благоприятными.

Головное водозаборное сооружение и его конструкция должны обеспечить: забор воды из водоисточника в соответствии с графиком водоподдачи и расчетными горизонтами воды в водоисточнике; минимальный захват наносов, для чего предусматривают забор воды из различных горизонтов и в случае

необходимости устройство отстойников; нормальный режим эксплуатации и возможность ремонта.

Тип водозаборного сооружения определяется комплексом топографических, геологических и гидрологических условий, расходом воды насосной станции и устанавливается на основании технико-экономических расчетов.

При амплитуде колебания горизонтов воды в источнике менее 5 м водозабор устраивают по типу шлюза-регулятора, врезанного в коренной берег полностью или совмещенного с дамбами обвалования (рис. 65, б), по типу простейшего трубного водозабора (рис. 65, в) и др.

При колебании горизонтов воды более 5 м строят береговые водозаборные колодцы типа «Криб» в виде пустотелого мостового устоя. Если невозможно устроить береговой водозабор и необходимо получить в русле реки воду лучшего качества, чем

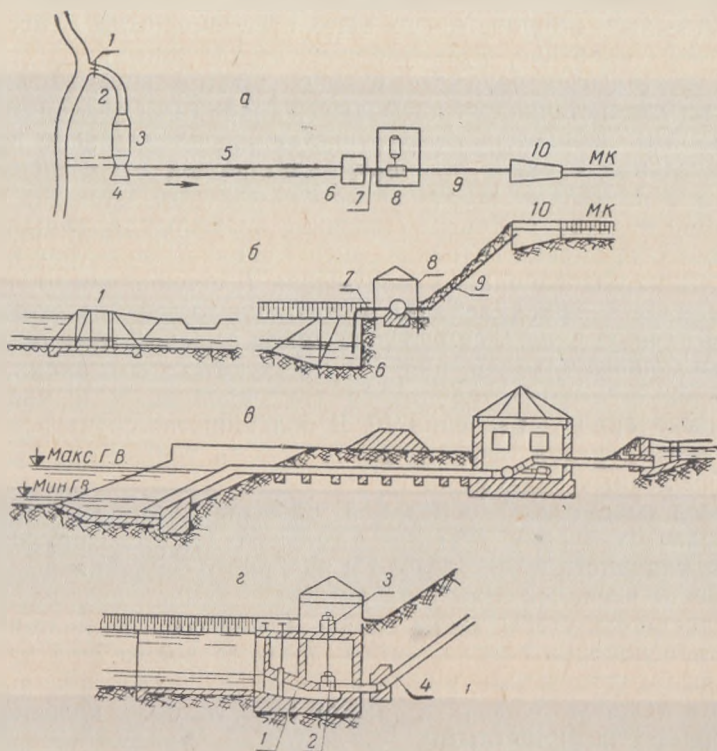


Рис. 64. Схема стационарных насосных станций с береговым водозабором:

а — схема узла сооружений головной оросительной насосной станции; б — насосная станция «водопроводного» типа с водозабором типа шлюза-регулятора; в — насосная станция «водопроводного» типа с простейшим трубным водозабором из реки; г — насосная станция «блочного» типа (1 — всасывающая труба; 2 — насос; 3 — электродвигатель; 4 — напорная труба).

в береговой зоне, можно строить русловой водозабор также типа «Криб» (рис. 66, б). Связь с берегом осуществляется мостом при расстоянии до 50 м, подвесной дорогой при расстоянии до 200 м, на лодках при расстоянии более 200 м.

От водозаборного сооружения до водоприемника всасывающих труб вода течет по водоподводящему открытому каналу или по закрытому водоводу (самотечному или сифонному). Скорость течения воды в подводящем канале назначают из условий неразрываемости, допустимой степени заиления, проверяя необходимость и целесообразность применения облицовки. При использовании канала для осаждения наносов глубина его увеличивается в зависимости от частоты очистки и интенсивности заиления, но не менее чем на 0,5 м.

Закрытые подводящие водоводы делают из монолитного или сборного железобетона с напряженной арматурой, из асбестоцементных труб с непрерывным подъемом от водисточника ниже линии гидродинамического напора. Минимальную скорость течения воды в водоводе принимают не менее 0,8 м/сек. Отложившиеся наносы из водовода удаляют промывкой или механическим способом.

Водоприемники всасывающих труб принимают воду от подводящих водоводов и обеспечивают забор ее всасывающими трубами насосов без воздуха, мусора и плавающих предметов. Водоприемники делают в виде ковша, который образуется расширением и углублением подводящего канала, или в виде камер шлюзового и колодезного типа. Водоприемник сопрягают с подводящим каналом аванкамерой трапецидальной формы в плане.

Всасывающие трубопроводы делают из труб сварной конструкции, короткими, с наименьшим числом колен, переходов, с непрерывным подъемом к насосу, чтобы не образовывались воздушные мешки.

При горизонтальном расположении входного отверстия во избежание засасывания воздуха кромку входного отверстия всасывающей трубы погружают под минимальный горизонт на 0,8 *d*, но не менее 0,5 м, при вертикальном расположении — не менее чем на 0,4 м. Для предотвращения засасывания песка входные отверстия всасывающих труб должны отстоять от дна на 0,5—0,75 м. Диаметр всасывающей трубы определяют на пропуск расчетного расхода при скорости движения воды в трубе 1,0—1,5 м/сек; обычно его принимают равным диаметру входного патрубка насоса.

В здании насосной станции размещают:

основное гидромеханическое оборудование: главные насосы, подающие воду в соответствии с графиком водоподачи; часть всасывающих и напорных трубопроводов с регулировочной (задвижки), контрольно-измерительной (водомеры) и предохрани-



тельной (обратные клапаны, предохранительные клапаны) арматурой;

вспомогательное гидромеханическое оборудование: вакуум-насосы для запуска главных насосов; дренажные насосы; трубопроводы вспомогательных насосов со всей их арматурой (задвижки, обратные клапаны и др.);

основное энергетическое оборудование: двигатели главных насосов; двигатели задвижек трубопроводов главных насосов, особое оборудование, специфическое для данного типа двигателя (например, распределительное устройство и понизительные подстанции);

вспомогательное энергетическое оборудование — электродвигатели вспомогательных насосов, затворов, подъемных кранов и т. д.

Размеры здания насосной станции в плане принимают с учетом компоновки гидромеханического и энергетического оборудования, возможности монтажа основного оборудования (на монтажной площадке или его проходах), удобства эксплуатации, применения унифицированных строительных деталей, конструкций и индустриализации строительных работ.

Высотная компоновка основного оборудования в здании станции зависит от типа принятого оборудования и расположения насосов относительно минимального горизонта воды в пункте водозабора (высоты всасывания). Высоту здания принимают с учетом размещения основного и подъемного транспортного оборудования и транспортирования наиболее громоздких деталей.

При работе насосных станций круглый год в здании проектируют отопление.

Напорные трубопроводы в пределах станции делают стальными, вне здания — стальными, железобетонными и асбестоцементными. Напорный трубопровод укладывают с непрерывным подъемом в сторону водовыпускного сооружения. При неблагоприятных топографических условиях на отдельных участках допускается обратный уклон, при этом на повышенных точках перелома уклонов устанавливают устройства для выпуска воздуха, а в понижениях — для выпуска воды.

Трассу и компоновку напорного трубопровода выбирают с учетом местных условий, при этом обеспечивают: минимальное число поворотов в горизонтальной и вертикальной плоскостях; устойчивость трубопровода, прочность и герметичность стыков; свободное удаление воздуха при заполнении водой трубопровода и возможность его опорожнения для осмотра и ремонта; защиту от фильтрационных и ливневых вод, а также от аварийного расхода при разрыве трубопровода.

Число нитей, материал, диаметр напорного трубопровода принимают на основе технико-экономических расчетов.

Водовыпускное сооружение обеспечивает: спокойный выпуск воды из напорных трубопроводов в отводящие каналы; автоматическое отключение обратного тока воды из канала в трубопровод при помощи сифонного водовыпуска или затворов; распределение воды при подключении к сооружению нескольких каналов. Водовыпускное сооружение и примыкающий участок отводящего канала крепят бетоном, железобетонными плитами, камнем на длине, необходимой для гашения кинетической энергии струи, вытекающей из трубопровода и перехода от скоростей течения воды в трубопроводе к скоростям течения воды в канале.

### § 36. Схемы размещения насосных станций

Схемы размещения насосных станций и тип оборудования принимают на основании технико-экономических расчетов. При этом учитывают природные условия, источник энергии, условия комплексного использования водоисточника (орошение, судоходство, рыбоводство, энергетика, лесосплав), отчуждение территории, удобство эксплуатации и надежность работы.

На открытых водоисточниках с амплитудой колебания горизонтов воды менее 5 м (менее высоты всасывания), с малым количеством взвешенных наносов, при неразмываемых берегах строят стационарную береговую насосную станцию водопроводного типа с подводящим каналом (рис. 64, б) или закрытым водопроводом (рис. 64, в). Если в воде много взвешенных наносов, подводящий канал используют в качестве отстойника или строят специальный отстойник.

При амплитуде колебания горизонтов воды несколько более 5 м строят береговую насосную станцию с частичным заглублением гидромеханического и энергетического оборудования.

При значительной амплитуде колебания уровней воды в источнике строят насосные станции блочного типа (рис. 64, г). Нижний блок здания представляет собой бетонный массив с всасывающими трубами, нишами и помещениями для насосов. В надводной части здания размещается машинный зал и другие помещения.

На источниках, имеющих значительную амплитуду колебания уровней воды (более 5 м) и неустойчивые размываемые берега, устраивают плавучие насосные станции (рис. 65, а). Для уменьшения длины соединительного трубопровода понтон станции располагают у крутого берега в месте наибольшей глубины воды. Для защиты от волн понтон располагают в естественных выемках или во врезанном в берег ковше.

При колебании горизонтов воды более 5 м, устойчивых берегах и заборе воды до 300—400 л/сек целесообразно применять

насосные станции фуникулерного типа (рис. 65, б) с горизонтальными центробежными насосами и приводом от электродвигателей.

Для орошения нескольких небольших участков, расположенных недалеко друг от друга, при прерывистой подаче воды применяют подвижные насосные станции ПНСТ-6НДв, ПНС-130/62 и другие, которые перевозят трактором от одного водозабора

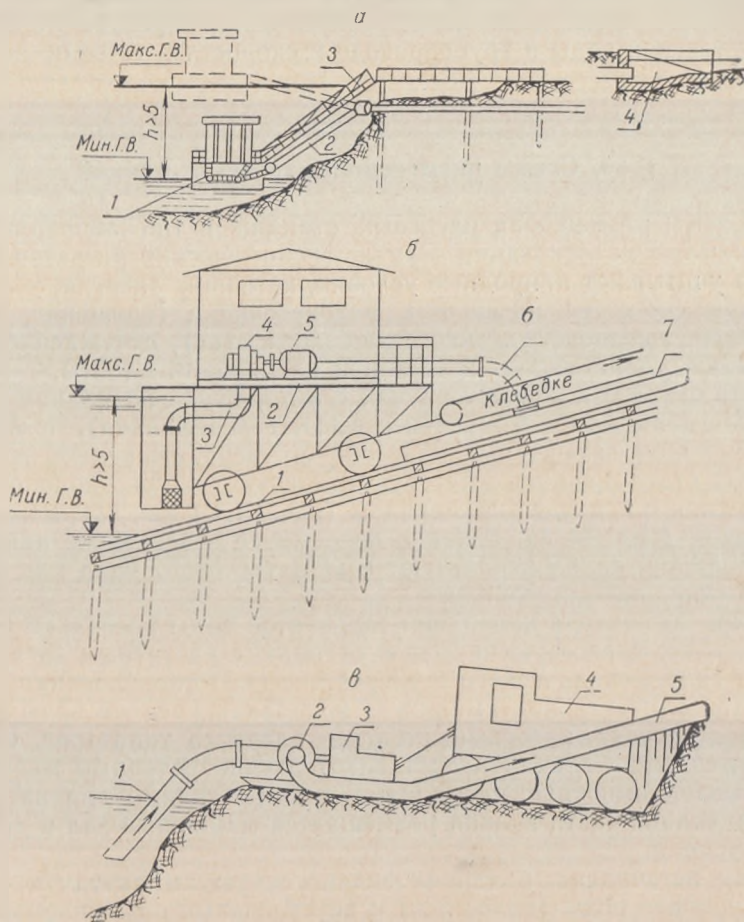


Рис. 65. Схемы нестационарных насосных станций:

а — плавучей (1 — понтон; 2 — соединительный напорный трубопровод; 3 — соединительный мостик; 4 — напорный бассейн); б — фуникулерного типа (1 — рельсовый путь; 2 — площадка вагонного типа; 3 — всасывающая труба; 4 — насос; 5 — электродвигатель; 6 — гибкий соединительный трубопровод; 7 — напорный трубопровод); в — передвижной (1 — всасывающий трубопровод; 2 — насос; 3 — редуктор; 4 — трактор; 5 — напорный трубопровод).

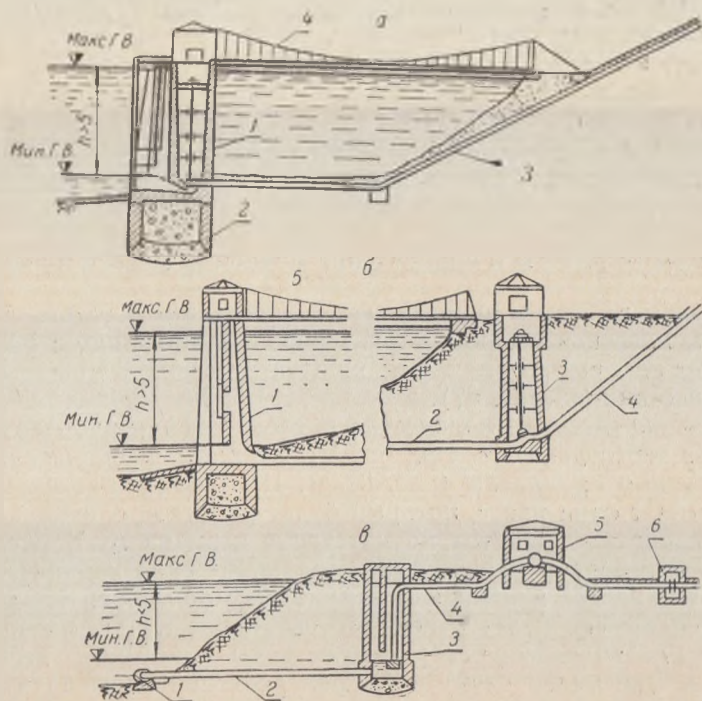


Рис. 66. Схемы насосных станций с забором воды в русле реки:

*а* — русловая насосная станция типа «Криб», совмещенная с водозабором (1 — здание станции; 2 — опускной колодец под здание станции; 3 — напорный трубопровод; 4 — соединительный мост); *б* — станция с отдельно стоящим русловым водозабором типа «Криб» (1 — водозаборное сооружение; 2 — самотечные трубопроводы; 3 — здание насосной станции; 4 — напорный трубопровод; 5 — соединительный мост); *в* — станция с простейшим русловым водозабором (1 — водозабор; 2 — самотечный трубопровод; 3 — береговой колодец; 4 — всасывающие трубы; 5 — здание станции; 6 — колодец для установки измерительных приборов).

к другому (65, в). Передвижные насосные станции применяют при подаче воды до 200 л/сек.

Русловые насосные станции типа «Криб» (рис. 66, а) применяют при подаче воды более 2 м<sup>3</sup>/сек из источников с колебаниями горизонтов воды более 5 м и недостаточных глубинах у берега в следующих случаях: при неблагоприятных геологических условиях для устройства береговой насосной станции и подводящего канала; при неблагоприятном режиме твердого стока, препятствующего устройству подводящего канала; при неблагоприятных условиях применения плавучей насосной станции.

При наличии широкой затопливаемой поймы, затрудняющей доступ к насосной станции и эксплуатацию напорного трубопровода, применяют следующую схему: русловой водоприемник

типа «Криб», закрытый подводный водовод и береговую насосную станцию блочного типа (рис. 66, б).

Подземные воды поднимают из скважин при помощи специальных артезианских насосов и из шахтных колодцев горизонтальными центробежными насосами. Область применения подземных вод — орошение небольших участков, садов, виноградников, обводнение пастбищ отгонного животноводства.

### § 37. Режим работы и определение мощности насоса и двигателя

**Режим работы и определение количества агрегатов.** Режим работы насосной станции характеризуется графиками: расходов водоподдачи, высоты подъема воды и потребной мощности насосной станции (рис. 67).

Для определения количества насосов график расходов водоподдачи перестраивают так, чтобы расходы располагались по убывающим ординатам (рис. 67, з). При малых расходах воды принимают один насос, который будет работать с полной производительностью  $Q_1$  только в течение периода  $t_1$ . В остальное время для подачи меньших расходов воды надо изменять число оборотов насоса и прикрывать задвижку на трубе. Это регулирование обычно ведет к резкому снижению к. п. д. насоса. Поэтому при значительных расходах воды принимают несколько насосов (не менее двух) и график расходов воды делят горизонтальными пунктирными линиями на несколько одинаковых частей (по числу одновременно работающих насосов). Подача воды каждым агрегатом регулируется с отклонением от максимального значения к. п. д. около 10%, то есть на подъем воды затрачивается минимум энергии.

При выборе числа агрегатов учитывают следующее: к. п. д. высокопроизводительных насосов выше, чем малопроизводительных; насосы должны соответствовать требуемым напорам и расходам; чем больше агрегатов, тем больших размеров нужно здание, однако расходы на его строительство малы по сравнению с ежегодными затратами на оплату электроэнергии; ежегодный расход на электроэнергию во много раз превосходит стоимость агрегата; агрегаты должны быть стандартными, одинаковыми, обеспечивать круглосуточную работу при наивысшем коэффициенте использования оборудования (отношение фактически поднятой воды к возможной при работе всех агрегатов); для принятого числа агрегатов — минимум ежегодных издержек и капиталовложений.

Число рабочих агрегатов устанавливают двумя способами: 1) из условия подачи максимального нормального расхода грунто-магистрального канала. Для подачи форсированного расхода грунто устанавливают еще один такой же резервный агрегат,

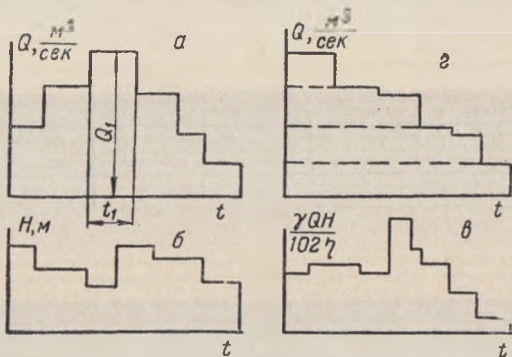


Рис. 67. Графики расходов водоподачи (а); полного напора (б); мощности на валу насоса (в); перестроенный график расходов водоподачи с ординатами в убывающем порядке (г).

который включают в работу при аварии одного из рабочих агрегатов; 2) из условия подачи форсированного расхода брутто магистрального канала без установки резервного агрегата.

Тип и количество агрегатов окончательно выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов (различное количество агрегатов, различные способы расчета), при этом предпочтение отдают тому варианту, в котором суммарные издержки (капиталовложения и ежегодные расходы), а также ущерб от недодачи воды при аварии агрегата окажутся наименьшими.

Опытом проектирования насосных станций установлено оптимальное количество насосов 4—5, минимальное 2—3, максимальное 8.

**Расчет диаметра напорного трубопровода, мощности насоса и двигателя.** Если количество насосов принято по первому способу, то расчетный расход насоса равен максимальному нормальному расходу брутто магистрального канала, деленному на число рабочих агрегатов. Если количество насосов принято по второму способу, расчетный расход насоса равен форсированному расходу брутто магистрального канала, деленному на число одновременно работающих насосов.

Напор насоса принимают в соответствии с манометрической высотой подъема при горизонте воды в источнике 75%-ной обеспеченности.

Оптимальный режим работы насоса должен соответствовать средневзвешенному напору  $H_{\text{ср.в}}$  по году 50%-ной обеспеченности, который определяют по формуле:

$$H_{\text{ср.в}} = \frac{\sum QHt}{\sum Qt} \text{ м.} \quad (\text{I—111})$$

Расчет ведут в табличной форме (табл. 37).

Определение средневзвешенного напора

Период работы	Число дней в периоде, $t$	Отметка горизонта воды в источнике	Отметка горизонта воды в напорном бассейне	Напор $H$ , м	Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /сек	$Q t$	$Q H t$
1	2	3	4	5	6	7	8

Зная  $Q$  и  $H$ , по каталогам подбирают тип и марку насоса.

Число ниток, материал и диаметр напорного трубопровода принимают на основе технико-экономических расчетов. При длине трубопровода до 150 м число ниток обычно принимают равным количеству агрегатов, так как стоимость переключений значительна.

Для ориентировочных расчетов всех типов труб экономически наивыгоднейший диаметр определяют по формуле:

$$d = \sqrt[7]{\frac{5,2Q_{\max}^3}{H}}, \quad (I-112)$$

где  $H$  — полный напор, м;

$Q_{\max}$  — максимальный расход воды, подаваемый в трубопровод, м<sup>3</sup>/сек.

Полный (манометрический) напор при подъеме воды в напорный бассейн равен:

$$H = H_{г.в} + h_{в} + H_{г.н} + h_{н}, \quad (I-113)$$

где  $H_{г.в}$  и  $H_{г.н}$  — геодезическая высота всасывания и нагнетания, м;

$h_{в}$  и  $h_{н}$  — потери напора во всасывающей и напорной трубах, м; их определяют по формулам (I-52) и (I-53).

Потребная мощность на валу насоса:

$$N_{н} = \frac{\gamma Q H}{102 \eta_{н}} \text{ квт}, \quad (I-114)$$

где  $\gamma$  — удельный вес воды, равный 1000 кг/м<sup>3</sup>;

$Q$  — расчетный расход насоса в м<sup>3</sup>/сек, равный форсированному расходу брутто магистрального канала, деленному на число одновременно работающих насосов;

$H$  — полный напор, м;

$\eta_{н}$  — к. п. д. насоса.

Мощность на валу двигателя:

$$N_d = K \frac{\gamma Q H}{102 \eta_1 \eta_2} \text{ кВт}, \quad (I-115)$$

где  $\eta_2$  — к. п. д. передачи;

$K$  — коэффициент запаса, равный 1,1—1,25.

### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 9.* Установить место расположения и тип оросительной насосной станции и определить производительность и мощность ее агрегатов.

Орошаемый участок расположен на первой надпойменной террасе, возвышающейся над поймой на 20—25 м. Склон, соединяющий террасу с поймой, крутой, выходов грунтовых вод в основании склона нет.

Превышение поймы над бытовым уровнем в реке 3,5—4 м. Весной пойма затопляется на высоту 1,5—2 м. Минимальные расходы реки 22—25 м<sup>3</sup>/сек. Площадь участка  $\omega_{нт} = 2400$  га. Почвы — средние суглинки. По участку проходит линия электропередачи. Площадь будет использоваться под овоще-кормовой севооборот. Режим орошения принят в соответствии с таблицей приложения для первого почвенно-мелиоративного района IV климатической зоны (табл. 38).

ТАБЛИЦА 38

Режим орошения сельскохозяйственных культур

Период	Число дней периода	Ордината графика гидромодуля, л/сек на 1 га	Период	Число дней периода	Ордината графика гидромодуля, л/сек на 1 га
15—18/IV	4	0,31	5—17/VIII	13	0,29
3—10/V	8	0,30	18—29/VIII	12	0,20
11/V—3/VI	24	0,22	10—15/IX	6	0,20
4—20/VI	17	0,31	11—15/X	5	0,19
21/VI—10/VII	20	0,27	16—30/X	15	0,28
11—31/VII	21	0,30			

График гидромодуля представлен на рисунке 68, а.

Нормальные расходы брутто определяем по формуле:

$$Q_n^{бр} = \frac{Q_{нт}}{1000\eta_c} \text{ м}^3/\text{сек},$$

где  $\eta_c$  — коэффициент полезного действия системы, равный 0,82.

Форсированные расходы:

$$Q_{ф} = K_{ф} Q_n^{бр} = 1,10 Q_n^{бр} \text{ м}^3/\text{сек},$$



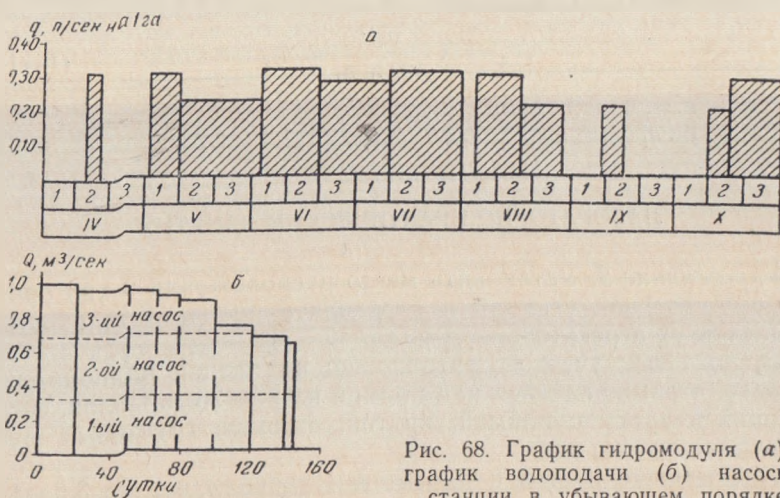


Рис. 68. График гидромодуля (а) и график водоподачи (б) насосной станции в убывающем порядке.

значение коэффициента форсирования принято меньшим, чем при самотечном орошении.

Расчеты сводим в таблицу 39, причем для удобства определения количества насосов расходы располагаем в убывающем порядке.

ТАБЛИЦА 39

Определение расчетных расходов

Удельный расход, л/сек на 1 га	Число дней в периоде	С <sub>н</sub> бр м³/сек	С <sub>ф</sub> м³/сек	Удельный расход, л/сек на 1 га	Число дней в периоде	С <sub>н</sub> бр м³/сек	С <sub>ф</sub> м³/сек
0,31	21	0,907	0,998	0,27	20	0,790	0,869
0,30	29	0,878	0,966	0,22	24	0,644	0,708
0,29	13	0,849	0,934	0,20	18	0,585	0,644
0,28	15	0,820	0,902	0,19	5	0,556	0,612

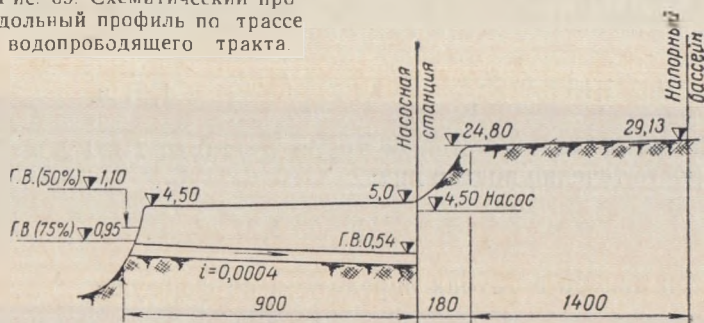
По данным таблицы строим график расчетных расходов (рис. 68, б).

В соответствии с графиком принимаем три насосных агрегата с производительностью каждого насоса:

$$Q_{\text{нас}} = \frac{Q_{\text{ф}}}{3} = \frac{0,998}{3} = 0,333 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

В отдельные периоды будут работать только два агрегата. Авария одного агрегата затронет не более  $\frac{1}{3}$  площади и может быть частично перекрыта работой исправных насосов.

Рис. 69. Схематический продольный профиль по трассе водопроводящего тракта



При трех агрегатах возможно подавать воду по одному напорному трубопроводу.

**Выбор места расположения и типа насосной станции.** Схематический продольный профиль тракта, по которому происходит подача воды, представлен на рисунке 69.

Возможны два варианта расположения насосной станции: 1) на берегу реки и 2) у подножия склона надпойменной террасы.

Положительной стороной первого варианта является совмещение водозаборного сооружения с насосной станцией. Недостатки: неудобное сообщение в половодье, когда станция будет окружена водой, большая длина напорного трубопровода и излишние затраты энергии на подъем воды.

При втором варианте доступ на станцию возможен круглый год. Длина напорного трубопровода сокращается на 900 м. К недостаткам варианта относятся: необходимость постройки отдельного головного водозаборного сооружения на реке и устройство подводящего канала или закрытого водовода. Однако строительство насосной станции будет происходить в более легких гидрогеологических условиях.

Так как станция сравнительно небольшая и постройка водозабора типа «Криб» и здания насосной станции блочного типа для нее будет неэкономична, располагаем станцию у подножия склона. Здание станции камерного типа с сухой камерой. Так как колебания превышают допустимую высоту всасывания, здание немного заглубляется.

Наличие сухой камеры позволяет применить горизонтальные насосы, установка и эксплуатация которых более удобна, чем вертикальных.

**Подвод воды к насосной станции.** Вода из реки к насосной станции может подаваться открытым каналом или закрытым трубопроводом длиной  $l = 900$  м;  $Q_{\text{макс}} = 1,0$  м<sup>3</sup>/сек.

Для выбора наиболее целесообразного варианта произведем упрощенный технико-экономический расчет.

Закрытый трубопровод. При допустимой скорости течения воды  $v = 1,25$  м/сек потребный диаметр труб будет:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q_{\max}}{v}} = 1,13 \sqrt{\frac{1,0}{1,25}} = 1,01 \text{ м.}$$

Принимаем железобетонные трубы  $d = 1,0$  м;  $D = 1,2$  м. Скорость течения воды в них:

$$v = \frac{4Q_{\max}}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 1,0}{3,14 \cdot 10^2} = 1,27 \text{ м/сек.}$$

Потери напора в трубах определяем по формуле:

$$h_d = a \frac{v^2}{d^{1,25}} l = 0,00092 \frac{1,27^2}{1^{1,25}} 900 = 1,33 \text{ м.}$$

Следовательно, центр входного отверстия трубы необходимо заглубить под самый низкий уровень воды на 1,33 м, а низ трубы на

$$1,33 + \frac{D}{2} = 1,33 + \frac{1,20}{2} = 1,93 \approx 1,95 \text{ м.}$$

При среднем возвышении поймы над рекой 3,75 м средняя глубина траншеи будет:  $3,75 + 1,95 = 5,70$  м.

Ширина траншеи по дну при укладке труб  $d > 0,5$  м:

$$b = D + 1,20 = 1,20 + 1,20 = 2,40 \text{ м.}$$

Заложение откосов временной траншеи принимаем  $m = 0,75$ . Объем выемки по траншее под трубопровод:

$$V = (b + mh) hl = (2,40 + 0,75 \cdot 5,70) 5,70 \cdot 900 = 34\,370 \text{ м}^3.$$

Определяем стоимость трубопровода.

1. Разработка траншеи при стоимости выемки по 0,15 руб/м<sup>3</sup>:

$$0,15 \cdot 34\,370 = 5155 \text{ руб.}$$

Укладка железобетонных труб по 6 руб/пог. м:

$$6 \cdot 900 = 5400 \text{ руб.}$$

Засыпка труб бульдозером:

$$0,04 \cdot 34\,370 = 1375 \text{ руб.}$$

---

Итого 11930 руб.

Открытый канал. Принимаем уклон дна канала  $i = 0,0004$ , заложение откосов канала  $m = 1,5$ , ширину по дну  $b = 1,50$  м (для удобства очистки).

Определяем модуль расхода  $K$  и площадь сечения канала:

$$K = \frac{Q}{V i} = \frac{1,0}{V 0,0004} = 50,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Методом подбора находим  $h = 0,87$  м

$$\chi = b + mh = 1,50 + 3,60 \cdot 0,87 = 4,63 \text{ м};$$

$$\omega = (b + mh)h = (1,50 + 1,5 \cdot 0,87)0,87 = 2,44 \text{ м}^2;$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{2,44}{4,63} = 0,53 \text{ м}.$$

При  $n = 0,030$  коэффициент  $C = 28,2$ ;

$$v = C\sqrt{Ri} = 28,2\sqrt{0,53 \cdot 0,0004} = 0,41 \text{ м/сек.}$$

$$Q = \omega v = 2,44 \cdot 0,41 = 1,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

При среднем возвышении поймы над рекой  $3,75$  м, глубине воды  $h = 0,87$  м и понижении дна вследствие уклона дна канала средняя глубина выемки будет:

$$h_B = 3,75 + 0,87 + \frac{0,0004 \cdot 900}{2} = 4,80 \text{ м}.$$

Ввиду осаждения насосов в канале увеличиваем его глубину на  $0,5$  м, то есть до  $5,3$  м.

Объем выемки по каналу:

$$V = (b + mh_B)h_B l = (1,50 + 1,5 \cdot 5,3)5,3 \cdot 900 = 45\,080 \text{ м}^3.$$

Стоимость разработки канала:

$$0,15 \times 45\,080 = 6\,762 \text{ руб.}$$

Устройство кавальеров:

$$0,10 \times 45\,080 = 4\,508 \text{ руб.}$$

Итого 11 270 руб.

Стоимость ежегодной эксплуатации закрытого трубопровода:

1) амортизация и капитальный ремонт в размере 6% от строительной стоимости

$$0,06 \times 11\,930 = 716 \text{ руб.}$$

2) текущий ремонт — 1%

$$0,01 \times 11\,930 = 119 \text{ руб.}$$

Итого амортизация и ремонт 835 руб.

3) затраты энергии на покрытие потерь напора в трубопроводе  $H = 1,33$  м:

$$N_1 = \frac{\gamma QH}{102} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 1,33}{102} = 13 \text{ квт.}$$

Стоимость электроэнергии при стоимости 1 квт·ч 2 коп. и продолжительности оросительного периода 145 суток

$$0,02 \times 13 \times 145 \times 24 = 905 \text{ руб.}$$

Всего эксплуатационных затрат:  $835 + 905 = 1740$  руб.

Стоимость эксплуатации открытого канала: амортизация и ремонт, включая очистку канала от наносов, 6,4%:

$$0,064 \times 11\,270 = 721 \text{ руб.}$$

Мощность, необходимая на преодоление падения уровня воды за счет уклона канала:  $\Delta h = il = 0,0004 \cdot 900 = 0,36$  м;

$$N_1 = \frac{\gamma Q \Delta h}{102} = \frac{1000 \cdot 1,0 \cdot 0,36}{102} = 3,53 \text{ квт.}$$

Стоимость энергии за оросительный сезон:

$$0,02 \times 3,53 \cdot 145 \cdot 24 = 246 \text{ руб.}$$

Всего эксплуатационных затрат за год  $721 + 246 = 967$  руб.

Из расчета видно, что эксплуатация канала обойдется значительно дешевле, поэтому принимаем вариант подачи воды к насосной станции по каналу.

Кроме того, подводящий канал будет служить отстойником и тем облегчит борьбу с заиливанием каналов оросительной системы.

Напорный трубопровод. Напорный трубопровод прокладывается из железобетонных труб в одну нитку. Длина трубопровода  $l = 1580$  м.

Определяем экономически наиболее выгодный диаметр трубопровода по формуле (I—112).

Полный напор предварительно принимаем  $H = 40$  м.

$$d = \sqrt[7]{\frac{5,2Q_{\text{макс}}^3}{H}} = \sqrt[7]{\frac{5,2 \cdot 1^3}{40}} = \sqrt[7]{0,13};$$

$$\lg d = 1/7 \lg 0,13 = 1/7 \cdot \bar{1},114 = 1/7 (-0,886) = \\ = -0,127 = \bar{1},873;$$

$$\bar{1},873 = 0,747 \text{ м.}$$

Принимаем трубы  $d = 800$  мм.

Скорость течения воды в трубопроводе:

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 1}{3,14 \cdot 0,8^2} = 1,99 \text{ м/сек.}$$

Потери напора в трубопроводе:

$$h = a \frac{v^2}{d^{1,25}} l = 0,00092 \frac{1,99^2}{0,8^{1,25}} 1580 = 7,40 \text{ м.}$$

Потери напора на местные сопротивления в трубопроводе, включая потери во всасывающих трубах, принимаем в размере 10% от потерь напора по длине:  $h_w = 1,10 \cdot 7,40 = 8,14$  м.

**Главный канал механического орошения.** Канал проектируется в полувыемке-полунасыпи. Уровень воды в нем должен обеспечивать командование над орошаемой площадью без устройства подпорных сооружений при пропуске минимальных расходов.

Принимаем уклон канала  $i = 0,0004$ , ширину канала по дну  $b = 1,0$  м, заложение откосов  $m = 1,5$ .

Коэффициент шероховатости  $n = 0,025$  (постоянный канал непрерывного действия с расходом до  $1$  м<sup>3</sup>/сек).

Заполнение канала определяем при пропуске максимального (форсированного) и минимального расходов.

Наибольший расход  $Q_{\text{макс}} = 1,0$  м<sup>3</sup>/сек.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{1}{\sqrt{0,0004}} = 50,0 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

По таблице находим  $h = 0,90$  м.

$$\omega = (b + mh)h = (1 + 1,5 \cdot 0,90)0,90 = 2,10 \text{ м}^2.$$

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{1,0}{2,10} = 0,48 \text{ м/сек}.$$

Наименьший расход  $Q_{\text{мин}} = 0,556$  м<sup>3</sup>/сек.

$$K = \frac{0,556}{\sqrt{0,0004}} = 27,8 \text{ м}^3/\text{сек}; h = 0,68 \text{ м};$$

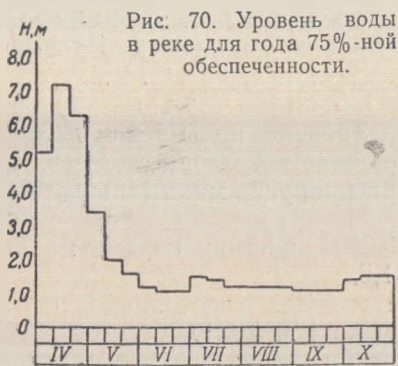
$$\omega = (1 + 1,5 \cdot 0,68)0,68 = 1,37 \text{ м}^2;$$

$$v = \frac{0,556}{1,37} = 0,40 \text{ м/сек}.$$

Разность глубин при наибольшем и наименьшем расходах:  $0,90 - 0,68 = 0,22$  м.

**Определение полного напора и выбор насоса и двигателя.** Отметка земли у напорного бассейна 29,13 м. Обычно рабочая часть магистрального канала механического орошения начинается непосредственно от напорного бассейна, поэтому превышение уровня воды в бассейне над землей будет складываться из следующих высот:

- превышение г. в. в оросителях над землей — 0,10 м;
- превышение г. в. внутрихозяйственных распределителей над оросителями — 0,10 м;
- превышение г. в. хозяйственного распределителя над г. в. внутрихозяйственного — 0,05 м;
- превышение г. в. магистрального канала над г. в. хозяйственного — 0,05 м;



д) превышение г.в. напорного бассейна над магистральным каналом — 0,05 м.

Итого 0,35 м.

Этот расчет уточняется при проектировании оросительной сети.

Таким образом, отметка горизонта воды в бассейне будет:  $29,13 + 0,35 = 29,48$  м.

При подаче максимального расхода:  $29,48 + 0,22 = 29,70$  м.

Колебания уровней воды в реке показаны на рисунке 70.

Отметка бытового уровня воды в реке для года 75%-ной обеспеченности 0,95 м (над нулем водомерного поста).

Отметка уровня воды в аванкамере насосной станции с учетом перепада уровней в водозаборном шлюзе 0,05 м и падения уровня воды в подводящем канале 0,36 м:

$$0,95 - 0,05 - 0,36 = 0,54 \text{ м.}$$

Геодезическая высота подъема воды, равная разности отметок воды в напорном бассейне и аванкамере:

$$H_r = 29,70 - 0,54 = 29,16 \text{ м.}$$

Полный напор будет равен сумме геодезической высоты и потерь напора во всасывающей и напорной линиях:

$$H = H_r + h_n = 29,16 + 8,14 = 37,30 \text{ м.}$$

При таком напоре и расчетной производительности каждого агрегата  $0,333 \text{ м}^3/\text{сек}$  принимаем горизонтальный насос 14 НДс с диаметром рабочего колеса  $D = 540 \text{ мм}$  (насос с двухсторонним входом воды на колесо, средненапорный; диаметр напорного патрубка  $14 \times 25 = 700 \text{ мм}$ ); к. п. д. насоса  $\eta_1 = 0,87$ ; число оборотов  $n = 960 \text{ об/мин}$ .

Допустимая вакуумметрическая высота всасывания  $H_{\text{вск}}^{\text{доп}} = 5 \text{ м}$ . Учитывая потери напора во всасывающих трубах, принимаем возвышение насоса над низшим уровнем воды в аванкамере 4 м. Отметка оси насоса будет:  $0,54 + 4 = 4,54 \approx 4,50 \text{ м}$ .

Потребная мощность на валу насоса:

$$N_n = \frac{\gamma Q H}{102 \eta_1} = \frac{1000 \cdot 0,333 \cdot 37,3}{102 \cdot 0,87} = 140 \text{ квт.}$$

Соединение насоса с электромотором непосредственное; к. п. д. передачи  $\eta_2 = 1,0$ .

Потребная мощность на валу двигателя при коэффициенте запаса  $K=1,1$ .

$$N_d = 1,1 \frac{1000 \cdot 0,333 \cdot 37,3}{102 \cdot 0,87} = 154 \text{ квт.}$$

Принимаем асинхронный электродвигатель А 103-6; мощность двигателя  $N=160 \text{ квт.}$

## ГЛАВА 10

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОД МЕСТНОГО СТОКА НА ОРОШЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ

#### § 38. Орошение и обводнение из водохранилищ

**Поверхностный сток и способы его использования для орошения.** Количество воды, которое стекает с поверхности почвы за год, выраженное в миллиметрах слоя воды или в  $m^3$  с 1 га, называют стоком. Величина стока сильно изменяется во времени и пространстве и зависит от комплекса следующих факторов: климата, погоды, почв, геологии, растительности, густоты овражной и речной сети, рельефа, размера и формы водосборного бассейна, от деятельности человека.

Величина среднего многолетнего весеннего поверхностного стока в лесостепных и степных районах европейской части СССР колеблется от 0 до 120 мм. Суммарный сток талой воды среднего года для всей засушливой зоны СССР составляет около 50—60 млрд.  $m^3$ . Эти огромные водные ресурсы совершенно необходимо использовать для повышения урожая сельскохозяйственных культур всеми способами. Обычно используют их следующим образом: 1) задерживают снег и талые воды на полях для влагонакопления в почве; 2) задерживают талые воды в прудах для регулярного орошения; 3) устраивают лиманное орошение.

Задержание талых вод в почве на месте таяния снега или в прудах и лиманах улучшает водный режим почвы, уменьшает весенние паводки и эрозию почвы, усиливает внутренний влагооборот местности и грунтовое питание рек.

**Водохранилища для орошения и обводнения.** Водохранилище состоит обычно из плотины, водосбросного сооружения и водовыпуска. Водосбросное сооружение является наиболее трудоемким по строительству, сложным в эксплуатации и дорогим. При использовании местного стока площадь орошения зависит не только от топографических и почвенных условий, но и от



наличия водных ресурсов, поэтому орошаемые участки и место пруда выбирают во взаимной связи. Место пруда выбирают там, где будут достаточными водосборная площадь и емкость чаши пруда, благоприятные геологические, гидрогеологические, топографические и санитарные условия для строительства плотины и водосбросного сооружения, где возможна самотечная подача воды на орошаемый участок. Эта сложная задача решается путем обследования изысканий и предварительных расчетов для нескольких наиболее целесообразных вариантов. Принимают тот вариант, при котором суммарные капиталовложения и ежегодные расходы на орошение 1 га или стоимость 1 м<sup>3</sup> воды для водоснабжения будут наименьшими, а техническое решение гидроузла наиболее надежное.

**Водохозяйственный и гидрологический расчеты.** Водохозяйственным и гидрологическим расчетами определяют потребность хозяйства в воде, топографическую характеристику водохранилища, объем водохранилища, обеспеченность его водой, расчетный расход водосбросного сооружения.

Вода из водохранилища используется на орошение и водоснабжение. Объем воды, необходимый для орошения:

$$V_{ор} = \frac{M_{ср} \omega}{\eta} \text{ м}^3, \quad (I-116)$$

где  $M_{ср}$  — средневзвешенная оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;

$\omega$  — площадь орошения нетто, га;

$\eta$  — к. п. д. оросительной системы.

Объем воды, потребный для водоснабжения:

$$V_{в} = m_1 N_1 + m_2 N_2 + \dots + m_n N_n \text{ м}^3, \quad (I-117)$$

где  $m_1, m_2, \dots, m_n$  — количество водопотребителей (люди, животные, машины, предприятия) с учетом их перспективного роста;

$N_1, N_2, N_3$  — нормы водопотребления соответствующими водопотребителями за расчетный период, м<sup>3</sup>.

Общая потребность хозяйства в воде  $V_{пот}$ :

$$V_{пот} = V_{ор} + V_{в}. \quad (I-118)$$

Топографическая характеристика водохранилища представляет собой график, на котором изображены кривая зависимости объемов  $V=f(h)$  и кривая зависимости площадей зеркал воды  $\omega=f'(h)$  от глубины наполнения водой водохранилища (рис. 76).

Для построения графика топографической характеристики на плане М 1 : 1000 — 1 : 2000 планиметром определяют площади, ограниченные горизонталями и осью плотины.

Объем слоя воды между соседними горизонталями определяют по формуле:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} h \text{ м}^3, \quad (\text{I—119})$$

где  $F_1, F_2$  — площади зеркала воды, ограниченные соответствующими горизонталями,  $\text{м}^2$ ;

$h$  — разность отметок горизонталей,  $\text{м}$ .

Определение емкости водохранилища. Объем водохранилища при отсутствии зимнего водопотребления складывается из водопотребления  $V_{\text{пот}}$ , мертвого объема  $V_{\text{м}}$  и потерь воды на испарение  $V_{\text{и}}$  и на фильтрацию  $V_{\text{ф}}$  за расчетный период:

$$V = V_{\text{пот}} + V_{\text{м}} + V_{\text{и}} + V_{\text{ф}} \text{ м}^3. \quad (\text{I—120})$$

Мертвый объем не участвует в регулировании стока, его глубину и объем назначают по санитарным условиям (не менее 3 м для приусадебных прудов и не менее 1,7 м для полевых), по условиям заиления (срок заиления 40—50 лет), по условиям командования над орошаемым участком (при самотечном орошении), а также увязывают с интересами рыбного хозяйства. При глубоких водохранилищах повышение отметки мертвого объема на 1—2 м мало сказывается на увеличении высоты плотины. Величину мертвого объема определяют по кривой  $V=f(h)$  для принятой глубины воды мертвого объема у плотины.

Для предохранения водохранилища от заиления надо применять систему мероприятий по ликвидации эрозии почвы и недопущению наносов в водохранилище (создание лесных полос, внедрение правильных севооборотов, облесение водоема, укрепление оврагов и др.).

Слой испарения  $h_{\text{и}}$  обычно принимают по карте изолиний среднегодового испарения с водной поверхности малых водоемов. Величина испарения в лесной зоне изменяется в пределах 35—65 см, в степной — 65—100 см, в зоне пустынь и полупустынь — 100—170 см.

Объем воды, теряющейся на испарение из пруда,  $V_{\text{и}}$ :

$$V_{\text{и}} = \omega h_{\text{и}} \text{ м}^3, \quad (\text{I—121})$$

где  $h_{\text{и}}$  — слой испарения,  $\text{м}$ ;

$\omega$  — площадь зеркала водохранилища при объеме, равном

$$V_{\text{м}} + 0,5 V_{\text{пот}}.$$

Объем воды, теряющейся на фильтрацию  $V_{\text{ф}}$ , принимают в процентах от среднего объема водохранилища, равного  $V_{\text{м}} + 0,5 V_{\text{пот}}$ , в зависимости от гидрогеологических условий. При хороших условиях (водонепроницаемые глинистые и суглинистые грунты большой мощности, грунтовые воды расположены

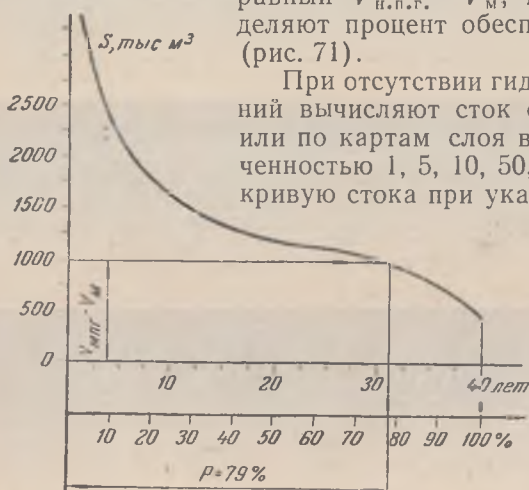
близко, и оттока их от будущего водохранилища не предвидится) потери составят 5—10% в год, при средних (водопроницаемость грунтов составляет 1—3 мм в сутки) — 10—20% и при плохих (водопроницаемость составляет 3—4 мм в сутки) — 20—40% в год.

Суммируя величины  $V_{\text{пот}}$ ,  $V_m$ ,  $V_n$ ,  $V_f$ , получим необходимый объем водохранилища; откладывая его на кривой объемов  $V = f(h)$ , определим соответствующую ему отметку нормального подпертого горизонта (н. п. г.) и на кривой  $\omega = f'(h)$  — площадь зеркала.

При водоснабжении зимой объем водохранилища определяют в следующем порядке: к мертвому объему прибавляют по оси абсцисс объем зимнего водопотребления; по суммарному объему находят отметку; к полученной отметке по оси ординат прибавляют слой потерь воды на фильтрацию в зимнее время и толщину льда и определяют отметку и объем воды на период осеннего ледостава; к полученному объему прибавляют объем летнего водопотребления, потери воды на испарение и фильтрацию.

Обеспеченность водохранилища водой. Ежегодно приходится наполнять водохранилище от отметки горизонта мертвого объема (г. м. о.) до отметки нормального подпертого горизонта (н. п. г.).

При наличии многолетних гидрометрических наблюдений обеспеченность водохранилища водой определяют в следующем порядке. Строят график стока воды, на котором по оси ординат откладывают объемы стока в убывающем порядке, а по оси абсцисс — число лет наблюдений. Затем весь период наблюдений (30—40 лет) принимают за 100% и делят его на 100 равных частей. На оси ординат этого графика откладывают объем, равный  $V_{\text{н.п.г.}} - V_m$ , и на оси абсцисс определяют процент обеспеченности этого объема (рис. 71).



При отсутствии гидрометрических наблюдений вычисляют сток статистическим методом или по картам слоя весеннего стока с обеспеченностью 1, 5, 10, 50, 80, 97%, затем строят кривую стока при указанной обеспеченности и

Рис. 71. Схема определения обеспеченности водохранилища водой.

на этой кривой определяют обеспеченность водохранилища водой.

Водохранилища, предназначенные для водоснабжения при сезонном регулировании, должны наполняться стоком 97%-ной обеспеченности, а предназначенные для целей орошения 75--80%-ной обеспеченности.

Если стока указанной обеспеченности будет недостаточно, необходимо применить многолетнее регулирование стока. При многолетнем регулировании объем водохранилища увеличивают на сумму дефицитов стока в маловодные годы, следующие друг за другом подряд.

Расчетный расход водосбросного сооружения. В многоводные годы объем стока больше емкости водохранилища; перелив воды через гребень земляной плотины недопустим, и поэтому часть стока приходится сбрасывать через водосбросное сооружение. Водосбросы строят в виде естественного водообхода, искусственного канала, быстротока, перепада, консоли, шлюза-регулятора, а также устраивают напорные трубчатые, сифонные и шахтные водосбросы.

Если порог водосброса расположен на уровне н. п. г., сброс воды из водохранилища начинается автоматически после того, как водохранилище наполнится до н. п. г.

Наибольший подъем горизонта воды в водохранилище над н. п. г. принимают по технико-экономическим соображениям в пределах 0,5--1,2 м. Наивысший горизонт воды называют горизонтом высоких вод (г. в. в.) или максимальным подпертым горизонтом (м. п. г.). Между м. п. г. и н. п. г. расположен регулирующий объем, позволяющий задержать часть паводка в водохранилище и, следовательно, уменьшить величину расчетного расхода водосбросного сооружения.

Размеры водосбросного сооружения (IV класса капитальности) определяют гидравлическим расчетом на пропуск расчетного снегового или ливневого (на больший) расхода 5%-ной обеспеченности (нормальные условия эксплуатации) и проверяют на пропуск расчетного расхода 1%-ной обеспеченности (чрезвычайные условия эксплуатации).

Для водосливов-автоматов расчетный расход  $Q_p$  определяют с учетом регулирующего объема водохранилища по формуле:

$$Q_p = Q_m \left( 1 - \frac{V_{\text{м.п.г.}} - V_{\text{н.п.г.}}}{S} \right) \text{ м}^3/\text{сек.} \quad (1-122)$$

где  $Q_m$  — максимальный расход снегового или дождевого паводка расчетной обеспеченности ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ), определяемый по формулам Д. Л. Соколовского, Д. И. Кочерина, Б. Д. Зайкова и др.;

$V_{м.п.г.} - V_{н.п.г.}$  — объем регулирующей призмы водохранилища, равный разности объемов при м. п. г. и н. п. г.,  $м^3$ ;  
 $S$  — объем стока снегового или дождевого паводка расчетной обеспеченности,  $м^3$ .

Полное регулирование стока. При благоприятных топографических условиях строят водохранилище большой емкости, позволяющей задерживать сток 5—3%-ной обеспеченности и обходиться без устройства дорогостоящего водосбросного сооружения. Водохозяйственный расчет в этом случае сводится: 1) к определению емкости водохранилища для полного задержания весеннего стока 5—3%-ной обеспеченности с проверкой на задержание стока 1%-ной обеспеченности; 2) к назначению отметок максимального и нормального подпертого горизонта и 3) к определению расчетного расхода водовыпуска и водосброса.

Высота плотины равна разности отметок гребня плотины и тальвега балки в створе плотины. Отметку гребня плотины предполагают выше м. п. г. на 1—2 м (высота ветровой волны + конструктивный запас).

Размеры орошаемой площади при орошении из существующего водохранилища определяют в следующем порядке.

1. По топографической характеристике водохранилища определяют площадь зеркала при н. п. г. ( $\omega_{н.п.г.}$ ) и при г. м. о. ( $\omega_{г.м.о.}$ ), объем воды при н. п. г. ( $V_{н.г.г.}$ ) и при г. м. о. ( $V_{г.м.о.}$ ).

2. Вычисляют потери воды на испарение и фильтрацию по формуле:

$$V_{ф,и} = \frac{\omega_{н.п.г.} + \omega_{г.м.о.}}{2} (h_{н.} + h_{ф.} - h_{о.}), \quad (1-124)$$

где  $\omega_{н.п.г.}$ ,  $\omega_{г.м.о.}$  — площади зеркал при н. п. г. и г. м. о.,  $м^2$ ;  
 $h_{н.}$ ,  $h_{ф.}$ ,  $h_{о.}$  — слой потерь на испарение, фильтрацию и слой осадков, м.

3. Определяют объем воды, который можно использовать на орошение и водоснабжение, по формуле:

$$V = V_{н.п.г.} - V_{м.} - V_{ф,и.} \quad (1-125)$$

4. Определяют площадь орошения:

$$\omega_{ор} = \frac{V - V_{в.}}{M_{бр.}} \alpha, \quad (1-126)$$

где  $V_{в.}$  — объем воды, потребный для водоснабжения,  $м^3$ ;

$M_{бр.}$  — средневзвешенная оросительная норма брутто,  $м^3/га$ .

Для самотечного орошения воду из водохранилища забирают через водозаборные (водовыпускные) сооружения, которые устраивают в виде труб с противофильтрационными диафрагмами, укладываемых в материковый грунт на уровне г. м. о. При амплитуде колебания уровней воды до 2—3 м в верхнем конце

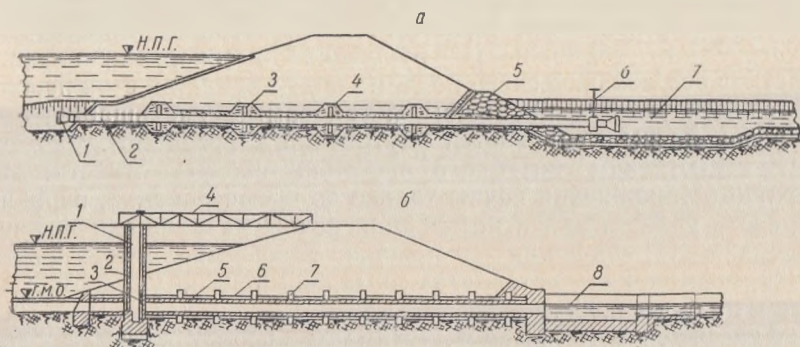


Рис. 72. Схема трубчатых водовыпусков:

*а* — с затвором в нижнем бьефе (1 — дырчатый оголовок; 2 — стальной трубопровод; 3 — диафрагма; 4 — глина; 5 — дренажная призма с фильтром; 6 — задвижка; 7 — водоприемник); *б* — с башенным оголовком (1 — башенный оголовок; 2 — шандоры с решеткой; 3 — затвор; 4 — мост; 5 — труба; 6 — глинобетон; 7 — диафрагма; 8 — выходной оголовок трубы).

трубы устраивают дырчатый приемный патрубок, а на нижнем конце ставят задвижку. При значительных колебаниях уровня воды в водохранилище в верхнем конце строят башенный оголовок с шандорным затвором и затвором на водовыпускной трубе. Обои затворами регулируют подачу воды в магистральный канал (рис. 72). В магистральный канал воду можно подавать и сифоном через гребень плотины или насосной станцией.

Водохранилища используют также для разведения водоплавающей птицы, рыбоводства, получения электроэнергии, водоснабжения.

### § 39. Лиманное орошение

**Значение и условия применения лиманного орошения.** Лиманным орошением называют однократное весеннее увлажнение почвы талыми водами на глубину 1—1,5 м и более способом затопления. Лиманное орошение значительно повышает урожай всех сельскохозяйственных культур и естественных сенокосов (например, бобовых культур в 5—6 раз, кукурузы на силос в 3—4 раза, пшеницы в 1,5—3 раза, трав в 4—6 раз). Его применяют в засушливых районах на равнинных участках с уклоном не более 0,005 при наличии достаточного стока талых вод. Этот вид орошения широко распространен в Казахской ССР (на площади свыше 1 млн. га), а также в Поволжье, на Северном Кавказе и Украине.

Достоинства лиманного орошения: малая стоимость (капитальные вложения в лиманное орошение окупаются в один год);

простота строительства и эксплуатация в сравнении с правильным орошением; малое количество сооружений и простота их конструкции; возможность орошения высоко расположенных участков без механического подъема воды; весенний сток используется для увлажнения почвы, и тем самым уменьшается сток и эрозия почвы, усиливается внутренний влагооборот.

К недостаткам лиманного орошения следует отнести: возможность увлажнения почвы только во время паводка, неравномерность увлажнения и поспевания почвы на площади лимана, изменчивость площади затопления вследствие изменчивости стока, возможность устройства лиманов лишь на участках с уклоном не более 0,005.

**Классификация лиманов.** Лиманы бывают естественные и искусственные, постоянные и временные, мелкого и глубокого наполнения, одноярусные и многоярусные.

Естественные лиманы образуются в блюдцеобразных понижениях на водораздельных элементах рельефа или на затопляемых поймах рек.

Искусственные постоянные лиманы представляют собой систему земляных водоудерживающих валов и плотин с водовы-

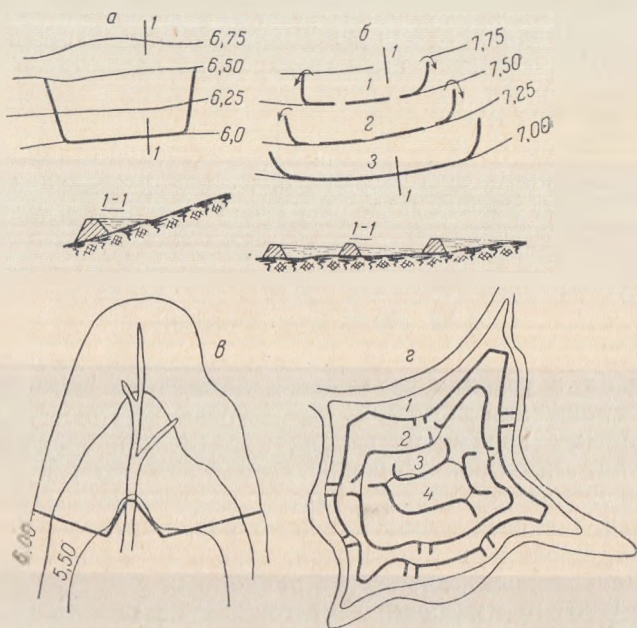
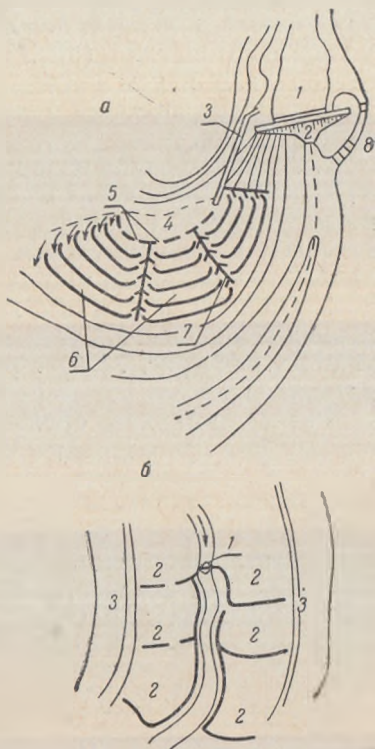


Рис. 73. Схема лиманов непосредственного наполнения:

*а* — одноярусные на пологих склонах с продольным расположением валов; *б* — ярусные лиманы с продольными валами; *в* — с поперечным расположением валов; *г* — ярусные лиманы в замкнутых понижениях.

Рис. 74. Схема ярусных лиманов:

а — с питанием из водохранилищ (1 — водохранилище; 2 — плотина; 3 — водосбросной канал; 4 — распределительный лиман; 5 — водовыпуски; 6 — секции лиманов; 7 — распределительный вал с струенаправляющими валиками; 8 — водослив); б — в пойме реки (1 — плотина; 2 — ярусы; 3 — склоны).



пускными сооружениями, которые позволяют затопить участки паводковыми водами и в необходимых случаях освободить их от воды.

Временные лиманы устраивают на водоразделах и верхних элементах пологих склонов путем насыпки невысоких, ежегодно возобновляемых земляных валов.

В мелководных лиманах средняя глубина наполнения равна 0,25—0,40 м, в глубоководных — 0,4—2,0 м и более.

Лиманы, создаваемые одним валом, называются простыми лиманами, или одноярусными (рис. 73, а), а несколькими рядами валов — многоярусными (рис. 73, б). Ярусы могут быть разделены продольными валами. Один или несколько ярусов лимана, заключенных между продольными валами, называются секцией лимана.

Постоянные каналы, питающие лиманы водой, называют каналами лиманного орошения.

Совокупность каналов, валов и других гидротехнических сооружений, предназначенных для лиманного орошения определенной площади, называют системой лиманного орошения.

В зависимости от источника питания лиманы делят на три типа.

1. Лиманы непосредственного наполнения, которые затапливаются тальми водами, стекающими с вышерасположенного водосбора. Эти лиманы делят на два вида: а) лиманы, устраиваемые на пологих склонах балок с продольным (рис. 73, а) и поперечным (рис. 73, в) расположением главных валов по отношению к тальвегу балки, а также их сочетанием (часть поперечных и часть продольных валов); б) лиманы, расположенные в естественных замкнутых пологих понижениях, котловинах. Валы



устраивают по горизонталям местности в несколько ярусов мелкого затопления (рис. 73, *г*). Стекающие в котловину воды затапливают ярусы последовательно сверху вниз. Недостатком этих лиманов является большая зависимость их площади от величины стока.

2. Лиманы, наполняющиеся сбросными паводковыми водами из водохранилищ через водообход (рис. 74, *а*). К этому типу относятся также лиманы, которые заполняются водой из оросительных и обводнительных каналов, выведенной из реки. Эти лиманы располагают на пологих склонах, террасах и поймах рек.

3. Пойменные лиманы, затапливаемые водами степных рек в период половодья. Их устраивают в поймах и на первых террасах степных рек (рис. 74, *б*) с регулированием и без регулирования затопления.

**Расчет лиманного орошения.** Расчет лиманного орошения определяют оросительную норму и глубину промачивания, возможную площадь орошения, глубину затопления, число и размер ярусов, высоту валов, продолжительность затопления, условия затопления и опораживания в разные годы.

Оросительной нормой, или просто нормой лиманного орошения, называют количество воды в  $m^3$  на 1 га, впитывание которой при затоплении лимана создает в 1,5—2-метровом слое почвы запас продуктивной влаги и обеспечивает получение заданного урожая сельскохозяйственных культур.

Норма лиманного орошения  $M$  определяется по формуле:

$$M = KU - 10 \mu P \text{ м}^3/\text{га}, \quad (I-127)$$

где  $K$  — коэффициент водопотребления,  $m^3/t$ ;

$U$  — заданная урожайность,  $t/\text{га}$ ;

$P$  — осадки 75%-ной обеспеченности, выпадающие в вегетационный и невегетационный теплый период,  $mm$ ;

$\mu$  — коэффициент использования осадков. Для засушливых районов европейской части СССР в среднем он равен 0,3—0,4.

Глубину промачивания почвы  $H$  вычисляют по формуле:

$$H = \frac{M}{A(\gamma - \beta)} \text{ м}, \quad (I-128)$$

где  $A$  — пористость почвы слоя  $H$ , %;

$\gamma$  — предельная полевая влагоемкость почвы слоя  $H$  в % пористости;

$\beta$  — влажность почвы слоя  $H$  перед затоплением лимана в % пористости.

Средневзвешенные величины  $A$ ,  $\gamma$  и  $\beta$  определяют предварительно для глубины 1,5—2 м и после первого вычисления  $H$  их уточняют.

Величина промачивания почвы должна гарантировать от возникновения процессов заболачивания и вторичного засоления орошаемой площади, поэтому  $H$  принимают меньше глубины залегания грунтовых вод.

Возможную площадь лиманного орошения определяют по формулам:

для лиманов мелкого наполнения без сброса

$$\omega = \frac{0,9 S \cdot F}{M} \text{ га}; \quad (I-129)$$

для лиманов глубокого наполнения со сбросом

$$\omega = \frac{0,7 S F}{M} \text{ га}, \quad (I-130)$$

где  $F$  — водосборная площадь,  $\text{км}^2$ ;

$M$  — оросительная норма, тыс.  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$S$  — объем стока расчетной обеспеченности с  $1 \text{ км}^2$ , тыс.  $\text{м}^3$ .

Для лиманного орошения площади до  $3000 \text{ га}$  определяют расчетный сток  $50\%$ -ной обеспеченности. Для площадей орошения больше  $3000 \text{ га}$  расчетную обеспеченность определяют на основании технико-экономических расчетов.

Экономическая целесообразность расчетной обеспеченности определяется следующим образом. Рассматривают несколько вариантов лиманного орошения с обеспеченностью стока  $50\%$  и ниже (например  $35$  и  $25\%$ ). Для каждого варианта определяют площадь орошения (она будет возрастать со снижением расчетной обеспеченности), проектируют валы и сооружения на лимане, определяют капиталовложения, чистый доход (с учетом неполного затопления лимана в отдельные годы) и срок окупаемости. Сравнивая рассмотренные варианты, принимают наиболее экономичный.

Установление типа, числа и размеров ярусов лимана. При уклонах поверхности участка менее  $0,001$  устраивают лиманы мелкого затопления со средней глубиной наполнения до  $0,4 \text{ м}$ . Лиманы такого типа обеспечивают более равномерное и умеренное поступление и распределение воды при экономном ее использовании. При уклонах более  $0,001$  следует строить временные валики переходимого профиля, располагаемые параллельно горизонталям.

Размеры ярусов и секций устанавливают технико-экономическими расчетами. При этом стремятся к тому, чтобы как можно полнее использовались сток и площади, пригодные для орошения, при минимальных объемах сброса стока; затопление поверхности было равномерным с отклонением от средней глубины затопления в пределах до  $50\%$ ; объем работ по устройству валов, водовыпускных сооружений был наименьшим; удовлетворялись требования широкой механизации сельскохозяйственных работ.

При этом ширина участка должна быть не менее 100 м, а длина — до 1000 м. Подтопление вышерасположенного вала принимают не менее 0,05 м.

Средняя глубина наполнения лимана без учета потерь на испарение:

$$t = \frac{(1 - \varepsilon) M}{10\,000} \text{ м.} \quad (\text{I—131})$$

где  $M$  — оросительная норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$\varepsilon$  — доля оросительной нормы, которая впитывается в почву в период наполнения лимана, равная 0,2—0,5.

Ширина лимана по уклону:

$$B = 2 \frac{t - t_{\text{мин}}}{i} \text{ м,} \quad (\text{I—132})$$

где  $t_{\text{мин}}$  — глубина воды на верхней границе лимана (подтопление вышерасположенного вала), равная 6—10 см;

$i$  — уклон поверхности земли между валиками лимана.

Ширина лимана обычно колеблется от 100 до 700 м. Длину лимана вдоль горизонталей для улучшения регулирования наполнения и опорожнения принимают в мелководных лиманах 500—1000 м, в глубоководных — 400—500 м.

Количество ярусов лимана определяют расчетом по величине уклона местности, средней глубине затопления при использовании всего стока расчетной обеспеченности. Высоту вала принимают больше глубины затопления ( $t_{\text{макс}} = 2t - t_{\text{мин}}$ ) для мелких лиманов на 0,15—0,30 м, для глубоководных на 0,2—0,5 м и до 1,5 м при возможности образования большой волны.

В мелководных лиманах высота вала равна 0,5—0,7 см, ширина гребня — 0,75—1,1 м, откосы полуторные. В глубоководных лиманах валы насыпают высотой до 3,0 м с шириной гребня, примерно равной высоте вала, с заложением мокрого откоса 1:2 и сухого 1:1,5. Валы переходимого профиля насыпают высотой до 0,65 м с заложением обоих откосов 1:4.

Время затопления лиманов определяют по формуле:

$$T = \frac{M}{K_{\text{в}}} \text{ суток,} \quad (\text{I—133})$$

где  $M$  — норма лиманного орошения, приведенная к слою воды, м;

$K_{\text{в}}$  — коэффициент впитывания воды в почву, определенный в полевых условиях. Для ориентировочных расчетов  $K_{\text{в}}$  можно принять: для глин и тяжелых суглинков 0,01—0,05 м/сутки, для средних и легких суглинков, лессов 0,05—0,4 м/сутки.

Вычисленная продолжительность затопления для зерновых озимых культур должна быть не более 2—3 суток, многолетних трав — 5—8 суток, лесополос — 2—5 суток, естественных трав —

7—25 суток. При использовании лиманов под яровые культуры окончание затопления определяется допустимым сроком сева.

В соответствии с допустимой продолжительностью затопления назначают сроки опорожнения лиманов.

**Сооружения на лиманах.** К сооружениям на системе лиманного орошения относятся: оградительные земляные валы, плотины при поперечных лиманах, водохранилищах и в русле реки, водовыпускные сбросные сооружения и водообходы, водосборно-сбросные каналы с водоприемниками и регулирующими сооружениями для отвода воды из пониженных участков, проезды через оградительные валы.

Водовыпуски строят в теле земляных валов для поддержания необходимого горизонта воды в лимане, наполнения и опорожнения его в расчетные сроки и перепуска воды из яруса в ярус при ярусных лиманах. На лиманах с малой площадью водосбора делают трубчатые водовыпуски, а с большой площадью водосбора строят шлюзы-регуляторы.

Сбросные сооружения располагают в низовой оградительной дамбе на наиболее низком участке, на сбросном канале в месте пересечения их с оградительными дамбами, в дамбе подводящего водосборно-сбросного канала, используемого и для подачи, и для отвода воды.

Размеры отверстий водовыпусков рассчитывают на пропуск расчетного расхода 10%-ной обеспеченности и проверяют на расход 5%-ной обеспеченности в соответствии с режимом работы лимана, необходимым временем опорожнения (наполнения) его секции, а при работе сооружения на сброс с учетом впитывания воды в почву. Регулирующее действие лимана учитывают в том случае, если заполнение лимана водой заканчивается в период спада паводка.

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 10.* Водохозяйственный расчет водохранилища на местном стоке: определить потребность в воде, необходимый объем водохранилища и обеспеченность его водой.

Водоохранилище расположено в зоне южных степей, в восточной части Саратовской области и предназначено для орошения.

Площадь водосбора  $F=140 \text{ км}^2$ . Координаты центра тяжести водосбора:  $48^\circ$  восточной долготы и  $51^\circ$  северной широты. Район в гидрологическом отношении изучен слабо, и поэтому расчетные данные принимаем по картам изолиний стока, помещенным в учебнике М. Л. Лейвикова «Метеорология, гидрология и гидрометрия» (Сельхозгиз, 1955).

Площадь орошаемого участка  $\omega_{\text{нт}}=360 \text{ га}$ . Состав культур и оросительные нормы приведены в таблице 40.

Оросительные нормы и состав культур орошаемого участка

Культуры	Процент занимаемой площади	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Культуры	Процент занимаемой площади	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
Озимые колосовые . . . . .	20	2200	Подсолнечник . . . . .	10	2600
Яровые колосовые . . . . .	25	2800	Овощи . . . . .	20	4000
Кукуруза . . . . .	15	2600	Картофель . . . . .	10	2400

Средневзвешенная оросительная норма:

$$M_{\text{ср}} = \frac{2200 \cdot 20 + 2800 \cdot 25 + 2600 (15 + 10) + 4000 \cdot 20 + 2400 \cdot 10}{100} = 2830 \text{ м}^3/\text{га},$$

к. п. д. оросительной системы  $\eta_c = 0,85$ .

Объем воды, потребной для орошения:

$$V_{\text{ор}} = \frac{M_{\text{ср}} \omega_{\text{шт}}}{\eta_c} = \frac{2830 \cdot 360}{0,85} = 1\,198\,600 \approx 1\,200\,000 \text{ м}^3.$$

**Определение емкости водохранилища.** План водохранилища в горизонталях представлен на рисунке 75. Планиметром определяем площади, ограниченные горизонталями и осью плотины, определяем площадь зеркала и объемы водохранилища при различном наполнении (табл. 41) и затем строим графики зависимости площади зеркала и объема водохранилища от глубины наполнения  $V=f(h)$  и  $\omega=f(h)$  (рис. 76).

Рис. 75. План водохранилища.



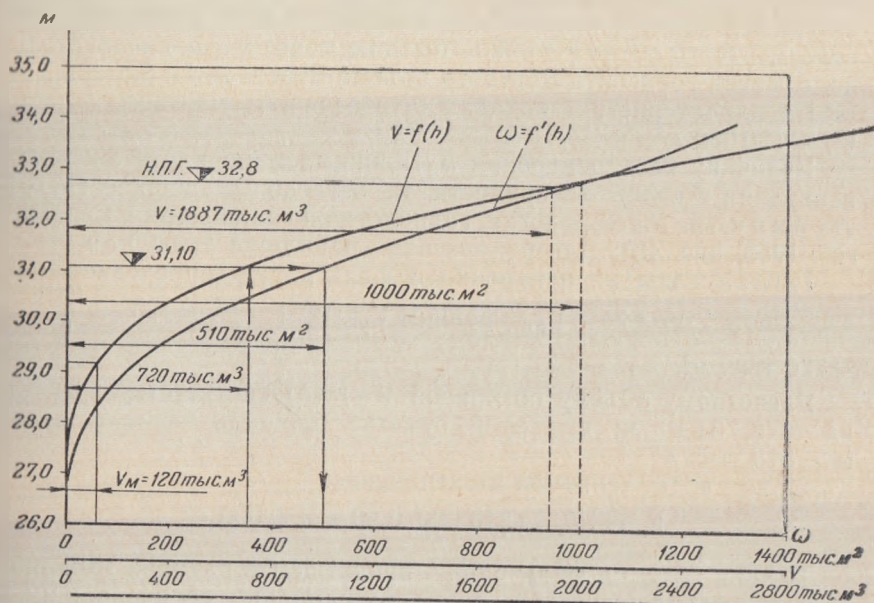


Рис. 76. Топографическая характеристика водохранилища:  
 $V=f(h)$  — кривая объемов;  $\omega=f'(h)$  — кривая площадей зеркала воды.

ТАБЛИЦА 41

Отметка горизонталей, м	Площадь зеркала, тыс. м <sup>2</sup>	Средняя площадь, тыс. м <sup>2</sup>	Высота слоя, м	Объем слоя между горизонталями, тыс. м <sup>3</sup>	Объем, тыс. м <sup>3</sup>
-------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	----------------	---	----------------------------

26,7	0,00				
27,0	8	4	0,3	1	1
28,0	30	19	1,0	19	20
29,0	114	72	1,0	72	92
30,0	250	182	1,0	182	274
31,0	474	362	1,0	362	636
32,0	730	602	1,0	602	1238
33,0	1066	898	1,0	898	2136
34,0	1302	1184	1,0	1184	3320

По условиям командования над орошаемой площадью глубина мертвого объема должна быть не менее 2,5 м, следовательно, отметка горизонта мертвого объема будет:  $26,7 + 2,5 = 29,2$  м.

По характеристике находим, что величина мертвого объема  $V_m = 120\,000$  м<sup>3</sup>.

Величину слоя испарения  $h_n$  принимаем по карте изолиний испарения с водой поверхности за безледовый период (М. Л. Лейви и ко в. Метеорология, гидрология и гидрометрия. Сельхозгиз, 1955, рис. 40). Для района водохранилища  $h_n = 90$  см.

Потери воды на испарение и фильтрацию определяем при расчетном объеме  $V_p$ , равном  $V_p = V_n + \frac{V_{ор}}{2} = 120 + \frac{1200}{2} = 720$  тыс. м<sup>3</sup>.

Расчетному объему по кривой  $V = f(h)$  соответствует отметка г. в. 31,10 м; при этой отметке площадь зеркала будет  $\omega = 510$  тыс. м<sup>2</sup>.

Объем воды, теряемой на испарение:

$$V_n = \omega h_n = 510\,000 \cdot 0,90 = 459\,000 \text{ м}^3.$$

Потери воды на фильтрацию принимаем в размере 15% расчетного объема (грунты в ложе водохранилища среднепроницаемые):

$$V_\phi = 0,15 V_p = 0,15 \cdot 720\,000 = 108\,000 \text{ м}^3.$$

Необходимый объем водохранилища:

$$V = V_m + V_{ор} + V_n + V_\phi = 120 + 1200 + 459 + 108 = 1887 \text{ тыс. м}^3,$$

в том числе полезный объем водохранилища:

$$V_{пол} = V - V_m = 1887 - 120 = 1767 \text{ тыс. м}^3.$$

Отметка нормального подпорного горизонта (при  $V = 1887$  тыс. м<sup>3</sup>) по кривой объемов 32,8 м.

По кривой  $\omega = f'(h)$  находим, что при н. п. г. площадь зеркала будет составлять  $\omega = 1000$  тыс. м<sup>2</sup> = 100 га.

Для определения высоты плотины принимаем повышение уровня воды при пропуске максимального расхода на 1 м, тогда отметка максимального подпертого горизонта будет:  $32,8 + 1,0 = 33,8$  м.

При этой отметке наибольшая длина разгона волны  $L = 2,1$  км. Высоту волны, при скорости ветра  $v = 10$  м/сек, определяем по формуле В. Г. Андреенова:

$$C = 0,0208 v^{5/4} L^{1/3} = 0,0208 \cdot 10^{5/4} \cdot 2,1^{1/3} = 0,47 \approx 0,50 \text{ м.}$$

Принимаем конструктивный запас  $z = 0,50$  м.

При отметке тальвега балки 26,7 м проектная высота плотины:

$$h_{пл} = 33,8 + 0,5 + 0,5 - 26,7 = 8,1 \text{ м.}$$

Строительная высота принимается на 5—10% больше проектной, в зависимости от способа уплотнения плотины при постройке.

**Обеспеченность водохранилища водой.** В балке, на которой будет возводиться плотина, живого тока воды нет, расчет ведем на наполнение водохранилища водами весеннего стока с обеспеченностью 80%.

Площадь водосбора  $F = 140 \text{ км}^2$ .

Норму стока определяем по карте среднего многолетнего стока:  $M_0 = 1,3 \text{ л/сек/км}^2$  (М. Л. Лейвиков, рис. 56).

По карте стока весны находим, что весенний сток в районе строительства составляет  $\sigma = 90\%$  годового стока (М. Л. Лейвиков, рис. 68).

Следовательно, средний слой весеннего стока:

$$h_b = 31,5 M_0 \sigma = 31,5 \cdot 1,3 \cdot 0,9 = 36,9 \text{ мм},$$

где 31,5 — множитель для перехода от модуля стока, выраженного в л/сек/км<sup>2</sup>, к слою стока в миллиметрах.

Для установления величины стока расчетной обеспеченности определяем коэффициент вариации весеннего стока по формуле Шевелева-Соколовского:

$$C_{v(\text{вес})} = 0,78 - 0,29 \lg M_0 = 0,78 - 0,29 \lg 1,3 = 0,746 \approx 0,75,$$

где  $M_0$  — норма стока в л/сек/км<sup>2</sup>.

Для степных районов коэффициент асимметрии;

$$C_{s(\text{вес})} = 2C_{v(\text{вес})} = 2 \cdot 0,75 = 1,50.$$

Для перехода от среднего слоя весеннего стока к слою 80%-ной обеспеченности по таблице Рыбкина находим модульный коэффициент  $K$  по формуле:

$$K = \Phi C_{v(\text{вес})} + 1 = (-0,82) \cdot 0,75 + 1 = 0,38,$$

где  $\Phi$  — отклонение ординаты кривой обеспеченности от середины при  $C_v = 1$  и  $\rho = 80\%$  (М. Л. Лейвиков, стр. 181).

Объем весеннего стока расчетной обеспеченности:

$$W = 1000 h_b KF = 1000 \cdot 36,9 \cdot 0,38 \cdot 140 = 1\,960\,000 \text{ м}^3,$$

где  $F$  — площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

Следовательно, объем весеннего стока превышает полезный объем на величину:

$$\Delta W = W - V_{\text{пол}} = 1\,960\,000 - 1\,767\,000 = 193\,000 \text{ м}^3.$$



Считая, что объем воды, потребный на орошение, составляет около  $\frac{2}{3}$  полезного объема  $\left( \frac{V_{\text{ор}}}{V_{\text{пол}}} = \frac{1\,200\,000}{1\,767\,000} \approx \frac{2}{3} \right)$ , за счет избытка воды можно дополнительно оросить:

$$\omega_1 = \frac{2\Delta W \eta_c}{3M_{\text{ср}}} = \frac{2 \cdot 193\,000 \cdot 0,85}{3 \cdot 2830} = 38,6 \approx 40 \text{ га}$$

и тем довести площадь орошения до 400 га (при наличии удобных площадей), увеличивая глубину водохранилища не более чем на 0,2 м.

*Упражнение 11.* Определение нормы лиманного орошения и размеров лимана.

Проектируемый участок лиманного орошения расположен в районе южных степей, восточнее г. Актюбинска, на меридиане  $59^\circ$ .

Количество осадков 75%-ной обеспеченности, выпадающих в теплое время года,  $P=70$  мм.

Почвы — легкие суглинки; основной культурой на участке будет яровая пшеница с урожайностью при орошении  $У=18$  ц/га.

Коэффициент водопотребления  $K=170$  (§ 13, табл. 3).

Коэффициент использования осадков  $\mu=0,3$ .

Определяем норму лиманного орошения по формуле (1—127):

$$M = KU - 10\mu P = 170 \cdot 18 - 10 \cdot 0,3 \cdot 70 = 2850 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Определяем объем весеннего стока.

Площадь водосбора лимана  $F=60$  км<sup>2</sup>; обеспеченность весеннего стока 50%; средний слой весеннего стока  $h=18$  мм; коэффициент вариации весеннего стока  $C_{v(\text{вес})}=0,95$ ; коэффициент асимметрии  $C_s=2C_{v(\text{вес})}=2 \cdot 0,95=1,90$ .

Модульный коэффициент для перехода от среднего слоя к слою 50%-ной обеспеченности:

$$K_{50\%} = \Phi C_{v(\text{вес})} + 1 = (-0,29) \cdot 0,95 + 1 = 0,72 \text{ (М. Л. Лей-}$$

виков, стр. 181).

Объем притока весенних вод к лиману:

$$W = 1000 hKF = 1000 \cdot 18 \cdot 0,72 \cdot 60 = 777\,600 \text{ м}^3.$$

Лиманы проектируем мелкого наполнения без сброса.

Возможная площадь лиманного орошения:

$$\omega = \frac{0,9W}{M} = \frac{0,9 \cdot 777\,600}{2850} = 245,5 \approx 245 \text{ га}.$$

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ И КОММУНАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ

### § 40. Орошение подземными водами

**Особенности орошения подземными водами, его достоинства и недостатки.** В СССР подземными водами орошают свыше 1,1 млн. га, в основном в районах Крыма, юга Украины, Правобережья Волги, Левобережья Днепра, в Азербайджане, Армении на северных склонах Копет-Дага в Туркмении.

Орошение подземными водами имеет следующие особенности в отличие от орошения из рек: дебит источников обычно невелик и в воде нет взвешенных наносов, температура воды обычно ниже 12°, водоисточник расположен рядом с орошаемым участком. Поэтому при орошении подземными водами оросительная сеть, как правило, не имеет холостой части магистрального канала, протяженность каналов невелика, соответственно потери воды на фильтрацию малы. Но для увеличения орошаемой площади, увязки сроков полива со сроками посева, с фазами развития культур и с темпами обработки почвы обычно необходимо устройство регулирующих резервуаров.

Орошение подземными водами имеет следующие достоинства: к.п.д. оросительной сети высокий; откачка воды из колодцев содействует понижению уровня грунтовых вод на орошаемой территории, что очень ценно в мелиоративно неблагоприятных районах; каналы не заиливаются, так как в воде нет наносов; особенно выгодно орошение самоизливающимися артезианскими водами с большим дебитом.

Однако орошение подземными водами имеет и недостатки: оно не всегда возможно из-за отсутствия подземных вод или высокой их минерализации; высокие эксплуатационные расходы на подъем воды, а при глубоком залегании откачка подземных вод может быть дорогой и экономически нецелесообразной; из-за отсутствия в воде илистых частиц необходимо применять удобрения в больших дозах, чем при орошении речными водами; необходимость устройства бассейнов для регулирования и для нагревания холодной воды; при орошении значительных площадей необходимо строительство большого количества колодцев или других водозахватных сооружений.

При орошении минерализованными грунтовыми водами нормы и режим орошения определяют, исходя из условий незасоления почвы.

**Добыча воды.** Подземные воды для орошения добывают каптажем ключей или родников, устройством колодцев и кяризов.

Считая, что объем воды, потребный на орошение, составляет около  $\frac{2}{3}$  полезного объема  $\left( \frac{V_{\text{ор}}}{V_{\text{пол}}} = \frac{1\,200\,000}{1\,767\,000} \approx \frac{2}{3} \right)$ , за счет избытка воды можно дополнительно оросить:

$$\omega_1 = \frac{2\Delta W \eta_c}{3M_{\text{ср}}} = \frac{2 \cdot 193\,600 \cdot 0,85}{3 \cdot 2830} = 38,6 \approx 40 \text{ га}$$

и тем довести площадь орошения до 400 га (при наличии удобных площадей), увеличивая глубину водохранилища не более чем на 0,2 м.

*Упражнение 11.* Определение нормы лиманного орошения и размеров лимана.

Проектируемый участок лиманного орошения расположен в районе южных степей, восточнее г. Актюбинска, на меридиане  $59^\circ$ .

Количество осадков 75%-ной обеспеченности, выпадающих в теплое время года,  $P=70$  мм.

Почвы — легкие суглинки; основной культурой на участке будет яровая пшеница с урожайностью при орошении  $Y=18$  ц/га.

Коэффициент водопотребления  $K=170$  (§ 13, табл. 3).

Коэффициент использования осадков  $\mu=0,3$ .

Определяем норму лиманного орошения по формуле (1—127):

$$M = KY - 10\mu P = 170 \cdot 18 - 10 \cdot 0,3 \cdot 70 = 2850 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Определяем объем весеннего стока.

Площадь водосбора лимана  $F=60$  км<sup>2</sup>; обеспеченность весеннего стока 50%; средний слой весеннего стока  $h=18$  мм; коэффициент вариации весеннего стока  $C_{v(\text{вес})}=0,95$ ; коэффициент асимметрии  $C_s=2C_{v(\text{вес})}=2 \cdot 0,95=1,90$ .

Модульный коэффициент для перехода от среднего слоя к слою 50%-ной обеспеченности:

$$K_{50\%} = \Phi C_{v(\text{вес})} + 1 = (-0,29) \cdot 0,95 + 1 = 0,72 \text{ (М. Л. Лей-}$$

виков, стр. 181).

Объем притока весенних вод к лиману:

$$W = 1000 h K F = 1000 \cdot 18 \cdot 0,72 \cdot 60 = 777\,600 \text{ м}^3.$$

Лиманы проектируем мелкого наполнения без сброса.

Возможная площадь лиманного орошения:

$$\omega = \frac{0,9W}{M} = \frac{0,9 \cdot 777\,600}{2850} = 245,5 \approx 245 \text{ га}.$$

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ И КОММУНАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ

### § 40. Орошение подземными водами

**Особенности орошения подземными водами, его достоинства и недостатки.** В СССР подземными водами орошают свыше 1,1 млн. га, в основном в районах Крыма, юга Украины, Правобережья Волги, Левобережья Днепра, в Азербайджане, Армении на северных склонах Копет-Дага в Туркмении.

Орошение подземными водами имеет следующие особенности в отличие от орошения из рек: дебит источников обычно невелик и в воде нет взвешенных наносов, температура воды обычно ниже 12°, водонесущий расположен рядом с орошаемым участком. Поэтому при орошении подземными водами оросительная сеть, как правило, не имеет холостой части магистрального канала, протяженность каналов невелика, соответственно потери воды на фильтрацию малы. Но для увеличения орошаемой площади, увязки сроков полива со сроками посева, с фазами развития культур и с темпами обработки почвы обычно необходимо устройство регулирующих резервуаров.

Орошение подземными водами имеет следующие достоинства: к. п. д. оросительной сети высокий; откачка воды из колодцев содействует понижению уровня грунтовых вод на орошаемой территории, что очень ценно в мелиоративно неблагоприятных районах; каналы не заиляются, так как в воде нет наносов; особенно выгодно орошение самоизливающимися артезианскими водами с большим дебитом.

Однако орошение подземными водами имеет и недостатки: оно не всегда возможно из-за отсутствия подземных вод или высокой их минерализации; высокие эксплуатационные расходы на подъем воды, а при глубоком залегании откачка подземных вод может быть дорогой и экономически нецелесообразной; из-за отсутствия в воде илистых частиц необходимо применять удобрения в больших дозах, чем при орошении речными водами; необходимость устройства бассейнов для регулирования и для нагревания холодной воды; при орошении значительных площадей необходимо строительство большого количества колодцев или других водозахватных сооружений.

При орошении минерализованными грунтовыми водами нормы и режим орошения определяют, исходя из условий незасоления почвы.

**Добыча воды.** Подземные воды для орошения добывают каптажем ключей или родников, устройством колодцев и кяризов.

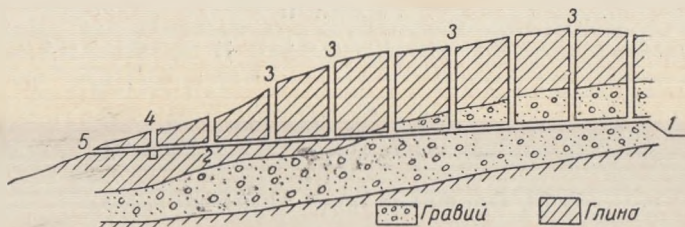


Рис. 77. Продольный разрез кяриза:

1 — водосборная галерея; 2 — водопроводная галерея; 3 — вертикальные колодцы; 4 — водосборный колодец; 5 — водоотводный канал.

Каптаж ключей или родников применяют в большинстве случаев для орошения нижерасположенных склонов. Обычно дебит отдельных ключей и родников невелик, но все вместе они позволяют оросить большие площади. Например, на правом берегу Волги, ниже г. Саратова, в с. Золотом, родниковыми водами орошается свыше 2000 га садов и овощных культур.

Колодцы делают шахтные и трубчатые (буровые), а иногда их сочетают (верхняя часть — шахтный колодец, нижняя — трубчатый). Шахтные колодцы строят глубиной до 30—40 м, стены шахты крепят железобетонными кольцами, деревянным срубом, камнем.

Трубчатые колодцы представляют собой скважину, стенки которой укреплены трубами диаметром 30—100 см. Водоприемная часть оборудуется фильтром. Если вода не самоизливается, ее поднимают поршневыми и центробежными насосами, а также эрлифтами. В засушливых районах СССР одна скважина дает от 100 до 2500 м<sup>3</sup> и более в сутки, в зависимости от обильности водоносного слоя и глубины откачки. В Кура-Араксинской низменности для орошения построено свыше 400 скважин.

Кяризы состоят (рис. 77) из водосборных штолен 1, расположенных в водоносном горизонте, водопроводной галереи 2 для вывода воды на дневную поверхность, вертикальных колодцев 3 для вентиляции и выемки грунта из штолен, водосборного колодца 4, водоотводного канала 5. Галереи делают обычно прямоугольного сечения размером около 0,7×1,4 м с креплением стенок деревом или камнем.

В Азербайджане действует более 900 кяризов с суммарным дебитом около 25 м<sup>3</sup>/сек, из которых орошают около 50 тыс. га. Кяризы применяют также в Туркмении и в Крыму.

## § 41. Орошение сточными водами

**Удобрительные свойства сточных вод.** Общий объем сточных вод городов и рабочих поселков СССР составляет около 1,5 млрд. м<sup>3</sup> в год, в которых содержится более 2 млн. т азотных, калийных и фосфорных удобрений.

Химический и механический состав сточных вод изменяется в зависимости от характера производства, норм водопотребления, количества атмосферных вод, попадающих в канализацию, и других факторов. В среднем за 18 лет сточные воды Москвы содержат (в кг на  $100 \text{ м}^3$ ): общего азота 67,5,  $\text{P}_2\text{O}_5$ —11,  $\text{K}_2\text{O}$ —34,5,  $\text{CaO}$ —74,7,  $\text{MgO}$ —35,5,  $\text{Cl}$ —98, взвешенных веществ, высушенных при температуре  $105^\circ$ —269 и плотного остатка 570 кг. Взвешенные вещества и осадок являются ценным удобрением, однако основная часть удобрений содержится в растворе, например  $\text{N}$ —87%,  $\text{P}_2\text{O}_5$ —65%,  $\text{K}_2\text{O}$ —95%. В сточных водах имеются также медь, хром, марганец, натрий.

В 1 тыс.  $\text{м}^3$  сточной воды содержится 0,5—1  $\text{м}^3$  различных бактериальных тел. Это означает, что полив сточными водами является мощным фактором бактериализации почвы. Обилие удобрений в сточной воде настоятельно диктует использование ее для орошения сельскохозяйственных культур.

Однако сточные воды содержат много яиц гельминтов (до 200 шт. в 1  $\text{м}^3$ ) и громадное количество болезнетворных бактерий, поэтому их надо обезвреживать и удалять из населенного пункта.

**Способы очистки сточных вод.** Сточные воды очищают химическим и биологическим способами, а также их сочетанием.

При химической очистке сточные воды обрабатывают бактерицидными веществами, обычно хлором, и сбрасывают их вместе с удобрениями в водоприемники (реку и т. п.).

Биологическую очистку производят на биологических фильтрах, на полях фильтрации и на сельскохозяйственных полях орошения.

На рисунке 78 изображена схема очистных сооружений с биологическим фильтром. Сточные воды из канализационного коллектора 1 поступают через решетку 2 и песколовку 3 в двухрусный отстойник-перегиватель 4, откуда подаются на биологический фильтр 5, затем в хлоратор 6 и далее во вторичный отстойник 7, после чего достаточно очищенная и дезинфицированная вода выпускается в реку. В реке она окончательно самоочищается в результате минерализации органических веществ под влиянием солнечного света, воздуха и биологических процессов.

В отстойнике-перегивателе вода движется со скоростью

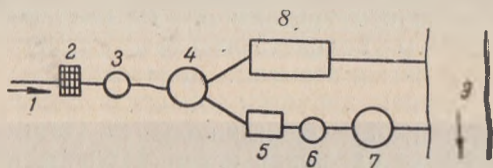


Рис. 78. Схема очистных сооружений:

- 1 — коллектор; 2 — решетка; 3 — песколовка; 4 — отстойник-перегиватель; 5 — биологический фильтр; 6 — хлоратор; 7 — вторичный отстойник-перегиватель; 8 — иловый приемник; 9 — водоприемник.

0,001 м/сек, при которой оседают яйца гельминтов и взвеси. Этот осадок окисляется, минерализуется и уплотняется. Образовавшийся ил гидравлическим способом транспортируется на иловую площадку и после подсушки и компостирования используется для удобрения полей. Просочившаяся через грунт иловой площадки сточная вода также выпускается в реку. В иле имеется примерно столько же удобрений, сколько и в конском навозе, однако в иле содержится лишь 13% азота, 35% фосфора, 5% калия, содержащихся во всем стоке; остальная часть удобрений сбрасывается в реки.

Поля фильтрации представляют собой спланированные под одну отметку карты (чеки) площадью 0,5—2 га, ограниченные с четырех сторон земляными валиками. Вода, предварительно очищенная решетками от плавающих предметов, пескоуловителями от песка, досками от жиров и нефти, отстойниками от яиц гельминтов и частично от взвесей, по открытым каналам через водовыпуски слоем 20—30 см подается на карты. После того как вся вода впитается, почва перепахивается и карта снова затпливается водой. Зимой на полях фильтрации периодически намораживают сточную жидкость слоем до 0,75 м. Поля фильтрации строят на почвах с хорошими фильтрационными свойствами (песчаные, супесчаные). Через некоторое время почва карты перенасыщается органическими веществами и для очистки воды не используется до тех пор, пока органические вещества не минерализуются. До 15% площади полей фильтрации засеивается травами.

Наиболее совершенное обезвреживание и использование сточных вод осуществляется на полях орошения.

Поля орошения — пригородные земли, на которые подают предварительно очищенные от механических примесей, жира и яиц гельминтов городские сточные воды для обезвреживания и одновременного использования их для удобрительного и увлажнительного орошения сельскохозяйственных культур.

**Техника полива и режим орошения.** Овощи, корнеплоды, клубнеплоды, кукурузу, ягодники и плодовые насаждения на полях орошения поливают по бороздам. Полив со сбросом по санитарным требованиям не разрешается (чтобы не загрязнять открытых водосточников).

Травы и зерновые поливают по узким полосам. Полив затоплением допустим только в зимнее время для влагозарядковых и удобрительных поливов. Полив дождеванием недопустим.

Поля орошения могут работать или только летом, или весь год. При работе полей орошения только летом в зимний период сточные воды подают на поля фильтрации. При круглогодичном использовании сточных вод поливы распределяют следующим образом: осенние влагозарядковые поливы дают в садах, на травах и под ранние овощи, зимой — под картофель и

поздние овощи, весной поливают сады, травы, поля под поздние овощи, летом поливают культуры в соответствии с их потребностью в воде, в удобрении и санитарными требованиями.

Величину оросительных норм определяют обычно по потреблению сельскохозяйственной культурой азота. Например, при потреблении капусты 150 кг азота, наличии его в почве 7,5 кг и 67,5 кг в 1000 м<sup>3</sup> азотной воды оросительная норма будет равна:  $150 : (67,5 - 7,5) 1000 = 2500 \text{ м}^3$  на 1 га. Недостающее количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O вносят в виде минеральных удобрений, навоза или золы. Если оросительная норма оказывается недостаточной для покрытия дефицита влаги, сточную воду разбавляют речной водой.

Поливные нормы летом (апрель — сентябрь) составляют от 400 до 600 м<sup>3</sup>/га, оросительные — 2—3,5 тыс. м<sup>3</sup>/га для овощных и полевых культур, 4—5 тыс. м<sup>3</sup>/га для трав. Оросительные нормы зимних поливов на песчаных почвах составляют 2,5—3,5 тыс. м<sup>3</sup>/га и на тяжелых — 1,5—2,5 тыс. м<sup>3</sup>/га. Сточные воды не должны загрязнять грунтовые воды, для этого не следует поливать нормами, превышающими водоудерживающую способность активного слоя почвы.

**Оросительная и водоотводящая сеть.** Сточную воду из канализационного канала очищают от механических примесей, нефти, жира и фекальными центробежными насосами поднимают по напорному трубопроводу в многокамерные отстойники. Каждая камера пропускает 5—10 л/сек воды. Вследствие неравномерности поступления сточных вод отстойник имеет регулируемую емкость, равную 20—30% суточного поступления воды.

Вода, освобожденная от яиц гельминтов и части взвесей, из отстойника по закрытым трубопроводам доставляется на высшие отметки, откуда распределяется по орошаемой площади открытыми каналами или подземными трубами, так же как и при орошении чистыми водами. В отличие от каналов, проводящих речную воду, каналы на полях орошения должны командовать при зимнем орошении на 10—15 см над поверхностью намораживаемого льда, минимальную скорость движения воды в них принимают 0,4 м/сек. Вследствие заиления потери на фильтрацию в каналах меньше, чем при обычном орошении. При близком залегании грунтовых вод или при поливах высокими нормами строят осушительную сеть в виде открытых коллекторов глубиной около 2 м, но обязательно огражденных дамбами от поливных площадей. В осушительную сеть не допускается сброс сточных вод непосредственно с поверхности.

При сложном рельефе орошаемой площади вместо открытых каналов особенно целесообразно применять подземные асбестоцементные и поливиниловые трубы. В зимний период при перерыве подачи воды трубопровод освобождают от воды через



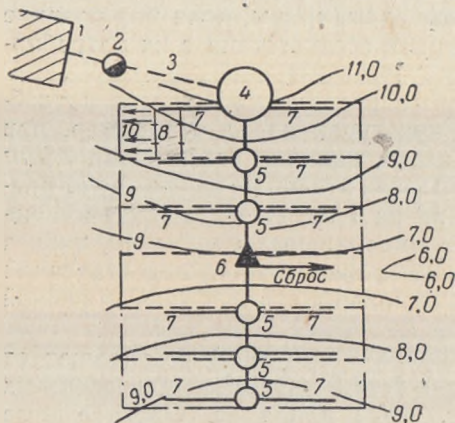


Рис. 79. Схема оросительной сети на полях орошения:

1 — населенный пункт; 2 — насосная станция; 3 — напорный трубопровод; 4 — отстойник; 5 — колодцы; 6 — водовыпуски; 7 — оросители; 8 — переносный поливной трубопровод; 9 — границы полей севооборота; 10 — направление полива.

водовыпуски (рис. 79). Скорость движения воды в трубах принимают не менее 0,6 м/сек, тупиковые застои воды не допускаются.

Круглогодичную подачу сточных вод из закрытых асбестоцементных труб с выпуском воды через гидранты в оросители или в поливные трубопроводы успешно применяют в колхозах Московской области. Орошение сточными водами повышает урожай в 2—5 раз. Стоимость строительства полей орошения окупается дополнительным урожаем в первые годы эксплуатации. Поля орошения имеются вблизи Москвы, Горького, Одессы, Киева, Магнитогорска. Перспективы роста площадей орошения сточными водами в СССР весьма велики.

## ГЛАВА 12

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗЫСКАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ

#### § 42. Изыскания и проектирование оросительных систем

**Общие положения.** Ни один объект оросительной системы нельзя начать строить без утвержденного проекта и сметы.

Проектирование и изыскания производят специализированные проектные организации (Гипроводхоз, Росгипроводхоз, Южгипроводхоз и др.).

Заказчиками проекта являются руководители главных и технических управлений, а также управлений и отделов капитального строительства министерств, ведомств и директора строящихся мелиоративных систем и предприятий, совхозы и колхозы. Заказчик выдает проектной организации задание на проектирование и необходимые исходные материалы для проектирования (объект и задачи мелиорации, сроки и очередность

строительства, название подрядной строительной организации, число стадий проектирования).

Проекты разрабатывают в соответствии с действующими нормами и техническими условиями на проектирование, нормами продолжительности строительства, типовыми проектами, каталогами типовых индустриальных конструкций и изделий заводского изготовления, стандартами на строительные материалы, детали, конструкции.

**Стадии проектирования.** Проекты мелиоративных систем и сооружений составляют в одну, две и три стадии.

Проект в одну стадию составляют на строительство в несложных природных условиях, с простым техническим решением, при сметной стоимости строительства до 5 млн. руб. (например, участки орошения до 1500 га, отдельные каналы и гидротехнические сооружения с расходом до 25 м<sup>3</sup>/сек, пруды и водоемы при высоте плотины до 8 м).

Проект по двум стадиям — проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом и рабочие чертежи — составляют для всех остальных ирригационных объектов в несложных природных условиях (плотины, насосные станции, водозаборные узлы, магистральные каналы и др.).

Проект по трем стадиям — проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом, технический проект со сводной сметой, рабочие чертежи — составляют для водозаборных узлов на реках, плотин, магистральных каналов, туннелей, насосных станций и других гидротехнических сооружений в сложных природных условиях.

При проектировании мелиоративной системы в две стадии допускается проектирование в трех стадиях отдельных сооружений, находящихся в сложных природных условиях, при сложности и новизне технических решений по ним.

**Состав обследований.** Проекты разрабатывают в соответствии с заданием на проектирование и исходными материалами, полученными при обследовании и изысканиях.

Обследование объектов мелиорации проводят в две стадии: а) подготовка необходимых материалов камеральным путем и б) полевые обследования с составлением технического отчета.

Для составления проектов орошения участков площадью до 2000 га подготавливаются следующие материалы.

При одностадийном проектировании: задание на проектирование, предварительная схема технических мероприятий в имеющемся масштабе, топографический план в М 1:25 000—1:50 000, землеустроительный план М 1:10 000—1:25 000, гидрогеологическая карта М 1:25 000—1:50 000, характеристика режима водисточника, почвенно-мелиоративная карта М 1:25 000—1:50 000, гидрогеологический очерк, характеристика режима энергисточника и условия энергоснабжения.

При двухстадийном проектировании готовят те же материалы, но гидрогеологические и почвенно-мелиоративные карты берут М 1 : 50 000—1 : 100 000. При увеличении площади орошения берут карты более мелкого масштаба.

После изучения подготовительных материалов проводят полевое рекогносцировочное обследование с обмерами, составлением эскизов, инструментальными измерениями имеющихся основных сооружений и пробным бурением. При обследовании проектируемые объекты водохозяйственного строительства согласовывают с райисполкомом, облисполкомом и со всеми заинтересованными организациями.

Результаты обследований оформляют в виде акта и технического отчета. В техническом отчете описывают: 1) объекты обследования и его задачи, маршруты, способы передвижения, методы обследования, виды и объемы выполненных работ; 2) природную и хозяйственную характеристику территории, подлежащей орошению; 3) состав мелиоративно-гидротехнических мероприятий для сельскохозяйственного освоения земель; 4) источник орошения, место водозабора; 5) условия подачи и распределения воды на территории орошения; 6) индивидуальные сооружения (головной шлюз-регулятор, насосная станция, сооружения на переходах, мосты, трубы и т. д.); 7) энергоснабжение, условия организации строительства и производства работ. В заключении приводят соображения о целесообразности орошения, об уточнении предварительной схемы орошения, предложения об изысканиях и способах их проведения.

На основании технического отчета составляют программу, смету и технические задания на производство изысканий и исследований, необходимых для составления проекта.

**Состав изысканий и исследований** при орошении участков площадью до 2000 га для проектного задания следующий.

1. По водисточнику и месту водозабора: 1) съемка поперечников в створе плотины и водозабора, площадок головного узла сооружений (при плотине) и под головную насосную станцию, чаши водохранилища, нивелирно-теодолитные хода по трассам паводкового водосброса и трубопровода с привязкой к точкам, абсолютные отметки и координаты которых известны; 2) бурение на площадке насосной станции, по трассе трубопровода и под напорный бассейн, в створе плотины, по трассе паводкового водосброса, в чаше водохранилища; 3) лабораторные исследования грунтов в местах водозабора, насосной станции, плотины, чаши водохранилища; 4) измерение горизонтов и расходов источника в створе водозабора.

2. По территории участка: съемка территории участка, трассировка магистрального канала с поперечниками, съемка типового участка планировки поверхности, съемка поперечника по месту водозабора для водоснабжения строительства, гидрогео-

логическая и почвенно-мелиоративная съемка, разведочное бурение по карьере инертных материалов и по водозабору для строительства, лабораторные исследования грунтов на территории участка, изучение водно-физических свойств почв, трассировка линии электропередачи.

Для одностадийного проекта состав изысканий по водоисточнику и водозабору тот же, только число поперечников и буровых скважин по водозабору, створу плотины, паводковому водосбросу, чаще водохранилища и под насосную станцию несколько увеличивают.

По территории участка проводят те же изыскания, что и для проектного задания, и дополнительно трассируют распределители, постоянные и временные оросители, водосборно-сбросную сеть, дороги, разбивают телефонную линию, снимают площадки индивидуальных сооружений, бурят скважины и исследуют в лаборатории грунты под индивидуальные сооружения, отрывают шурфы под отдельные опоры линий электропередачи.

**Состав проектов.** В одностадийном проекте обосновывают техническое решение и экономическую целесообразность проектируемого строительства и устанавливают необходимые данные для его осуществления.

Проект в одной стадии состоит из краткой записки и чертежей. В записке излагают краткую характеристику почвенно-мелиоративных условий для мелиорируемых участков и инженерно-геологических условий для сооружений и каналов, кратко поясняют чертежи, определяют расчетные расходы, объемы строительных, монтажных и культуртехнических работ с указанием способов их производства, составляют ведомости потребных строительных материалов, механизмов, транспорта и рабочей силы, смету.

В состав чертежей входят: план мелиоративной сети и сооружений, продольные и поперечные профили постоянных каналов по полевым данным с подсчетом объемов работ, типовые проекты сооружений с привязкой их к месту расположения, планы и разрезы индивидуальных сооружений.

В проектном задании выявляют техническую возможность и экономическую целесообразность предполагаемого мелиоративного строительства, определяют размеры и размещение мелиорируемых земель, устанавливают источники снабжения энергией и водой, основные технические решения проектируемых мероприятий, сроки и способы их строительства, общую сметную стоимость и основные технико-экономические показатели.

В проектном задании обязательно применяют типовые проекты и повторно используют экономичные проекты, а также учитывают нужды других отраслей народного хозяйства (рыбное хозяйство, лесосплав, водный транспорт, гидроэнергетика).

Планировку орошаемых земель и внутрихозяйственную сеть оросительных, осушительных и обводнительных каналов проектируют только на типовых участках для получения укрупненных показателей, которые распространяют на всю площадь системы. Межхозяйственную сеть проектируют на всей площади.

Проектное задание состоит из восьми частей.

1. Сводная записка, в ней излагают краткие сведения по всем частям проектного задания, основные технические решения и технико-экономические показатели.

2. Общая часть содержит характеристику объекта и района строительства, схему запроектированных мероприятий, водохозяйственные и мелиоративные расчеты.

3. Экономическая часть, в которой указывают: связь мелиорируемой территории с другими предприятиями, уровень механизации и автоматизации, энерговооруженность, эксплуатационные затраты на 1 га, анализ капитальных затрат на строительство и освоение, основные технико-экономические показатели и экономическую эффективность строительства.

4. Организация сельского хозяйства и мелиорируемой территории состоит из организации растениеводства, животноводства, обводнения, трудового баланса (переселение и доприселение), землеустройства, строительства гражданских и сельскохозяйственных зданий, отчуждения земель под каналы, дороги, сооружения и т. п.

5. Техническая часть включает: описание и расчет основных каналов и сооружений, продольные и поперечные профили каналов, планы и разрезы сооружений, планы типовых участков внутрихозяйственной сети каналов и сооружений, характеристику и обоснование принятых технических решений, источники и схемы электроснабжения, телемеханические устройства, средства автоматики системы и т. п.

6. Эксплуатация мелиоративных систем. В этой части разрабатывают схему организации эксплуатационной службы, определяют потребность в кадрах, жилищах, оборудовании, механизмах, дорогах, автотранспорте, в аварийных запасах материалов, оборудования и инвентаря, а также ежегодные затраты на эксплуатацию системы.

7. Организация строительства: объемы и сроки строительства, методы работ, потребность в материалах, машинах, энергии, кадрах и т. п.; состав, мощность и размещение производственных предприятий, временных зданий и сооружений, технико-экономические показатели по организации строительства; генеральный план строительства с расположением постоянных и временных зданий, сооружений, складов, дорог.

8. Сметная стоимость строительства, определяемая сводным сметно-финансовым расчетом.

Технический проект состоит из тех же частей, что и проектное задание, за исключением организации строительства. В техническом проекте разрабатывают строительные решения для сложных сооружений, уточняют объем строительства и его технико-экономические показатели. Для сооружений, по которым возможна разработка рабочих чертежей по проектному заданию, технические проекты не составляют.

По рабочим чертежам осуществляют строительные и монтажные работы, включая установку оборудования и устройство коммуникаций. Рабочие чертежи составляют на основе проектного задания или технического проекта в двух видах: общие чертежи и детализированные чертежи. На общих чертежах изображают планы и разрезы сооружений, продольные и поперечные профили каналов, дамб с указанием общих объемов работ. На детализированных чертежах указывают размеры всех деталей и элементов сооружений, их сопряжение, сечения конструктивных элементов и спецификацию.

В рабочих чертежах разбивают основные оси сооружений на местности, уточняют плановое и высотное положение всех элементов оросительной системы и размеры сооружений, разрабатывают внутрихозяйственную сеть и планировку орошаемых земель с выполнением необходимых изысканий, детально разрабатывают конструктивные элементы сооружений, каналов и зданий для их строительства и монтажа, разрабатывают мероприятия по охране труда и технике безопасности.

Рабочие чертежи разрабатывают комплектно по объектам, по видам работ, по очередям строительства.

При разработке рабочих чертежей нельзя снижать мощность, капитальность, ухудшать эксплуатационные качества мелиоративных систем и сооружений, утвержденных в проектном задании или техническом проекте.

В мелиоративном проектировании и строительстве широко применяют типовые проекты таких сооружений, как ступенчатые и трубчатые перепады, шлюзы-регуляторы, смотровые, регулирующие, водоприемные и сбросные колодцы, оголовки дренажных коллекторов, трубы-переезды, трубчатые перегораживающие сооружения, угловые упоры трубопроводов, крепления откосов и др.

**Сметы.** При проектировании в одну стадию сметы на отдельные объекты и виды работ составляют по укрупненным сметным нормам и областным расценкам для мелиоративного строительства, а если их нет, по единым районным единичным расценкам, привязанным к местным условиям строительства. Общая сметная стоимость определяется сводной сметой.

При проектировании в две стадии на отдельные объекты и виды работ составляют сметно-финансовые расчеты. Общая стоимость строительства определяется сводным сметно-

финансовым расчетом. На стадии рабочих чертежей сметы уточняют.

При трехстадийном проектировании сметную стоимость, определенную по сметно-финансовому расчету к проектному заданию, уточняют в случае, если технический проект разрабатывают на полный комплекс или на очередь строительства; если же технический проект разрабатывают только на отдельные объекты, смету к ним не составляют, а уточняют ее на стадии разработки рабочих чертежей.

Одновременно со сводным сметно-финансовым расчетом на строительство составляют и сводный сметно-финансовый расчет на сельскохозяйственное освоение мелиорируемых земель, куда входят затраты на мелиоративное освоение, землеустройство, переселение, строительство производственных построек, водоснабжение, оснащение хозяйств техникой, необходимой для освоения, закладку садов, виноградников, парников, закупку скота, подготовку кадров и т. д.

Общая сметная стоимость является лимитом стоимости данного строительства.

**Согласование и утверждение проектов.** Проектное задание и проект в одну стадию обязательно согласуют с заинтересованными организациями. Запроектированные технические решения, способы производства работ и их стоимость проектная организация согласует с подрядной организацией, которая будет строить проектируемую мелиоративную систему.

Перед утверждением в министерствах, ведомствах и местных органах водного хозяйства все проекты мелиоративных систем и сооружений подвергают экспертизе. При экспертизе проверяют целесообразность мелиорации земель, правильность принятых технических решений с учетом строительства и эксплуатации сооружений.

Проверенные экспертизой проекты со сметами представляют на утверждение в таком составе:

а) при одностадийном проектировании — проект в одну стадию со сводной сметой;

б) при двухстадийном проектировании — проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом;

в) при трехстадийном проектировании — проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом, технический проект со сводной сметой.

Рабочие чертежи не утверждают, и они поступают на строительство за подписью главного инженера строительства.

Проектно-сметные документы, в зависимости от их сметной стоимости, утверждают в соответствии с действующими указаниями:

а) при строительстве на средства колхозов — правления колхозов;

б) при строительстве на средства государства — руководители совхозов (до 0,1 млн. руб.), районные производственные колхозно-совхозные управления (до 0,2 млн. руб.), областные управления сельского хозяйства (до 0,4 млн. руб.) и т. д. Проекты со сметной стоимостью свыше 2,5 млн. руб. утверждает Госстрой СССР.

### § 43. Экономическая эффективность капиталовложений

**Анализ капиталовложений.** Эффективность капиталовложений в народное хозяйство СССР является одним из решающих показателей при планировании и проектировании капитального строительства.

Экономическая эффективность строительства оросительных систем определяется результатом сельскохозяйственного производства на орошаемых землях.

Общая сумма капитальных вложений на проектируемые оросительные системы складывается из: 1) капитальных вложений на строительство (водорегулирующие и водозаборные гидроузлы, магистральные, межхозяйственные каналы и сооружения на них, коллекторно-дренажная сеть, насосные станции, дороги и др.) и 2) капитальных вложений на сельскохозяйственное освоение орошаемых земель.

В общей сметной сумме капитальных вложений на строительство оросительной системы выделяют возвратные суммы. Если часть этих фондов (оборудование, жилые и производственные постройки) будет передана хозяйствам-освоителям, стоимость их переносится на затраты по сельскохозяйственному освоению. Капитальные вложения на строительство системы за вычетом возвратных сумм составляют инвентарную стоимость строительства. При определении экономической эффективности капитальных вложений из инвентарной стоимости строительства и капитальных вложений на сельскохозяйственное освоение исключаются затраты на жилищное и культурно-бытовое строительство.

Объем капитальных затрат на сельскохозяйственное освоение вводимых в эксплуатацию орошаемых земель зависит от условий их освоения, а именно:

орошаемые земли располагаются на неосвоенных целинных землях, и для их освоения требуется организация новых совхозов и, следовательно, значительные затраты, основных средств;

вводимые в эксплуатацию орошаемые земли составляют значительный удельный вес в общем землепользовании, и освоение их требует дополнительных мероприятий и соответственно затрат основных средств;



новые орошаемые площади занимают небольшой удельный вес в землепользовании хозяйств, и освоение их не требует или почти не требует дополнительных капиталовложений.

**Показатели экономической эффективности капиталовложений.** Основными показателями экономической эффективности капиталовложений являются:

срок окупаемости капитальных вложений;

производительность (общественного) труда, определяемого количеством валовой продукции на единицу затрат труда;

коэффициент роста производительности труда, равный отношению количества валовой продукции на единицу затрат труда, производимой при орошении, к количеству валовой продукции на единицу затрат труда, которое будет произведено без орошения на год полного освоения орошаемых земель;

прирост валовой сельскохозяйственной продукции на 100 га орошаемой площади и на 1 рубль капитальных вложений;

прирост чистого дохода в расчете на 1 га орошаемой площади.

Для определения показателей экономической эффективности капиталовложений вычисляют: размер прироста валовой продукции, полученной в результате орошения как по годам освоения земель, так и на год полного освоения, издержки производства и чистый доход.

Стоимость валовой продукции определяется по зональным закупочным ценам, действующим в период составления проекта.

Стоимость прироста валовой продукции равна разности стоимости валовой продукции, которую проектируют получить в результате орошения, и стоимости валовой продукции, которая может быть получена с этого массива без орошения. Если массив не может быть использован для выращивания сельскохозяйственных культур без орошения, приростом считается вся проектируемая валовая продукция с орошаемого массива.

В период сельскохозяйственного освоения орошаемые земли обычно вступают в эксплуатацию очередями, поэтому и стоимость прироста валовой продукции, как правило, меньше, чем в год полного освоения.

**Издержки производства.** Себестоимость сельскохозяйственной продукции равна внутрихозяйственным издержкам производства на единицу продукции. Внутрихозяйственные издержки производства равны сумме затрат на амортизацию и текущий ремонт производственных построек и сельскохозяйственных машин, заработную плату рабочих, на семена, удобрения, горючее, смазочные и другие материалы, на внутрихозяйственные мелиоративные работы, а также включают общепроизводственные, общехозяйственные и прочие расходы.

Удельные издержки производства на 1 га орошаемой площади (на 1 ц продукции) вычисляют отдельно по издержкам

сельскохозяйственного производства и по издержкам эксплуатации оросительной системы.

Сумма издержек производства определяется на год полного освоения и по годам освоения.

Чистый доход на год полного освоения и по годам освоения определяется как разность между стоимостью всего прироста валовой продукции и издержками производства, включая ежегодные расходы на эксплуатацию оросительной системы.

Для определения показателей экономической эффективности капиталовложений суммируется чистый доход по всем годам освоения.

Срок окупаемости. Капиталовложения на строительство и сельскохозяйственное освоение оросительной системы начинают окупаться с первого года освоения фактическим чистым доходом. Не окупившиеся за годы освоения капиталовложения окупятся ежегодным чистым доходом в размере, вычисленном на год полного освоения массива.

Полный срок окупаемости капитальных вложений  $T$  с учетом периода сельскохозяйственного освоения вычисляют по формуле:

$$T = \frac{(K_c + K_o - K_{жкбс}) - (ЧД_1 + ЧД_2 + \dots + ЧД_n)}{ЧД} + T_{ос} \text{ лет,} \quad (I-134)$$

где  $K_c$  — капитальные вложения в ирригационное строительство за вычетом возвратных сумм, то есть инвентарная стоимость строительства;

$K_o$  — капитальные вложения на сельскохозяйственное освоение;

$K_{жкбс}$  — капитальные вложения на жилищное и культурно-бытовое строительство;

$ЧД_1 + ЧД_2 + \dots + ЧД_n$  — чистый доход по годам освоения;

$T_{ос}$  — срок освоения;

$ЧД$  — чистый доход на год полного освоения.

**Сравнение вариантов технических решений.** При проектировании оросительных систем внедряют наиболее прогрессивные технические решения конструкций отдельных узлов, сооружений, новейшие материалы и типы основного оборудования. Для этого разрабатывают варианты решений и выбирают из них наиболее экономичный. При этом могут встретиться два случая. В первом случае варианты технических решений не различаются по объему и составу сельскохозяйственной продукции на орошаемом массиве, а во втором случае они значительно различаются.

Если в первом случае вариант дает меньшую сумму капитальных вложений и экономию эксплуатационных расходов, то он является абсолютно эффективным и вопрос о сравнении его с другим вариантом по сроку окупаемости отпадает. Если этого

нет, варианты сравнивают по сроку окупаемости дополнительных вложений  $T$  по формуле:

$$T = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1} \text{ лет,} \quad (I-134a)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  — капитальные вложения по сравниваемым вариантам;

$C_1$  и  $C_2$  — сумма годовых эксплуатационных затрат по этим вариантам.

Если срок окупаемости дополнительных капитальных вложений не более 7—10 лет, вариант считается экономически более эффективным по сравнению с другим.

Когда варианты технических решений влекут за собой изменения в составе и объеме сельскохозяйственной продукции, срок окупаемости  $T$  дополнительных капитальных вложений по одному из вариантов определяют по формуле:

$$T = \frac{K_1 - K_2}{ЧД_1 - ЧД_2} \text{ лет.} \quad (I-134б)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  — капитальные вложения по сравниваемым вариантам;

$ЧД_1$  и  $ЧД_2$  — суммы чистого дохода по соответствующим вариантам.

Если срок окупаемости меньше 7—10 лет, вариант считается экономически более эффективным. Вариант с большей суммой капитальных вложений, дающий меньший размер чистого дохода, является абсолютно неэффективным, и вопрос о сравнении его с другим по сроку окупаемости дополнительных капиталовложений отпадает.

Для увеличения чистого дохода от орошения следует выращивать высокоценные культуры, применять высокий уровень агротехники, всемерно снижать себестоимость продукции и повышать производительность труда путем механизации и автоматизации производственных процессов, применения передовых агроприемов, органических и минеральных удобрений, стимуляторов роста, ядохимикатов, правильного режима и техники орошения и т. д.

Капитальные затраты на строительство оросительной системы составляют около 200—600 руб. на 1 га, затраты на сельскохозяйственное освоение изменяются от 30—50 руб. на 1 га в районах с густым населением до 500—700 руб. на 1 га в целинных районах.

#### *Пример расчета срока окупаемости*

- |   |                |
|---|----------------|
| 1. Общая площадь орошения . . . . .   | 5000 га        |
| 2. Капитальные затраты на ирригационное строительство по сметно-финансовому расчету . . . . . | 7500 тыс. руб. |

В том числе:

возвратные суммы . . . . .	500 тыс. руб.
инвентарная стоимость строительства . . . . .	7000 »
то же, на 1 га орошаемой площади 7 000 000:5000	1400 руб.
3. Капитальные затраты на сельскохозяйственное освоение орошаемых земель . . . . .	2400 тыс. руб.

В том числе:

затраты на жилищно-коммунальное и культурно-бытовое строительство . . . . .	500 »
производственные затраты . . . . .	1900 »
Стоимость производственных и культурно-бытовых построек СМУ, которые намечается передать совхозу-освоителю . . . . .	220 »

В том числе:

жилищно-коммунальные и культурно-бытовые постройки . . . . .	120 »
производственные постройки . . . . .	100 »
Капитальные затраты на сельскохозяйственное освоение, принятые в расчеты . . . . .	2000 »
То же, на 1 га орошаемой площади . . . . .	400 руб.
4. Общая сумма капитальных затрат на строительство и на освоение, принятая для определения экономической эффективности . . . . .	9000 тыс. руб.

5. Чистый доход по годам освоения (в тыс. руб.):

Год освоения	Прирост стоимости валовой продукции	Издержки производства	Эксплуатационные расходы	Чистый доход
1-й год . . . . .	500	50	10	440
2-й . . . . .	1200	100	17	1083
3-й . . . . .	1700	200	21	1479
На год полного освоения . . . . .	3250	200	21	3029

6. Полный срок окупаемости капитальных вложений:

$$T = \frac{7000 + (2400 + 220) - (500 + 120) - (440 + 1083 + 1479)}{3029} +$$

$$+ 3 \approx 2 + 3 \approx 5 \text{ лет.}$$

7. Коэффициент эффективности есть обратная величина срока окупаемости:

$$\Xi = \frac{1}{T} = \frac{1}{5} = 0,2.$$

## РАЗДЕЛ II

# ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

---

### ГЛАВА 13

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЯХ

### § 44. Значение осушительных мелиораций и их развитие

В нечерноземной полосе СССР, характеризующейся превышением количества выпадающих атмосферных осадков над суммарным испарением влаги, в сельскохозяйственном производстве приходится использовать значительные площади земель, которые в естественном состоянии испытывают избыточное увлажнение, вредное для нормального развития сельскохозяйственных культур. На этих землях постоянное повышение производительности почвы может быть достигнуто только при условии обеспечения водного режима ее, оптимального для развития сельскохозяйственных культур. В условиях зоны избыточного увлажнения эта задача может быть решена только с помощью осушительных мелиораций, чем и определяется их громадное народнохозяйственное значение.

Общий фонд избыточно увлажненных земель, пригодных для сельскохозяйственного использования, составляет в СССР свыше 100 млн. га, из которых торфяных болот около 80 млн. га и минеральных избыточно увлажненных земель около 22 млн. га, в том числе заболоченных сенокосов и пастбищ около 13 млн. га и избыточно увлажненной пашни около 9 млн. га.

На территории северных и северо-западных областей и республик европейской части СССР осушение минеральных избыточно увлажненных земель началось еще в глубокой древности с началом зарождения северного русского земледелия, так как ведение сельского хозяйства без осушения здесь во многих случаях невозможно. Основные приемы земледелия на избыточно увлажненных землях (пахота узкими загонами, гребневание посевов озимых культур и др.) сохранились в единоличном крестьянском хозяйстве этой зоны вплоть до периода коллективизации сельского хозяйства.

Первое систематическое руководство по осушению земель в России было написано Энгельманом в 1810 г. В первой половине XIX в. вышел еще ряд работ видных сельскохозяйственных дея-

телей того времени по вопросам осушения болот и заболоченных земель, но практического применения эти работы не находили, так как подавляющая масса землевладельцев того времени к проведению капитальных мелиоративных работ интереса не проявляла.

Только в конце XIX в. специальными экспедициями генералов Жилинского и Августиновича были проведены значительные осушительные работы в Полесье, в Западной Сибири (Барабинская низменность), а также в северных и северо-западных губерниях европейской части России. Эти работы заключались в проведении только редких осушительных каналов и охватывали преимущественно земли государственного лесного и переселенческого земельного фонда.

В развитии осушительных мелиораций в СССР можно выделить пять последовательных этапов.

На первом этапе — от Великой Октябрьской революции до периода сплошной коллективизации сельского хозяйства — осушительные мелиорации сводились к восстановлению или капитальному ремонту старых магистральных каналов и к осушению небольших участков болот и заболоченных земель с использованием их под сенокосные угодья, причем почти все эти работы выполняли вручную.

На втором этапе — от периода сплошной коллективизации сельского хозяйства до Великой Отечественной войны — в связи с организацией на осушаемых землях крупного механизированного сельскохозяйственного производства был построен ряд осушительных систем нового типа с возможно большими расстояниями между осушительными каналами, с тем чтобы осушительная сеть не препятствовала механизации сельскохозяйственных работ.

На третьем этапе — от окончания Великой Отечественной войны до 1953 г. — основное внимание было уделено восстановлению и реконструкции осушительных систем, разрушенных во время войны.

Следующий четвертый этап развития осушительных мелиораций — с 1953 по 1962 г. — характеризовался значительным увеличением объема всех видов осушительных мелиораций, обусловленным общим крутым подъемом сельского хозяйства после сентябрьского (1953 г.) Пленума ЦК КПСС. В результате этого общая площадь осушенных земель к 1962 г. составляла 8 млн. га, из которых под пашней и культурными лугами использовалось 4 млн. га, в том числе около 800 тыс. га было осушено закрытыми осушительными системами.

Пятый этап в развитии осушительных мелиораций в СССР начался с переходом сельскохозяйственного производства к интенсивным системам земледелия. На этом этапе с связи с введением в производство более требовательных к водному режиму

почвы высокопроизводительных кормовых культур должны широко применяться более усовершенствованные (преимущественно закрытые) осушительные системы.

#### § 45. Причины избыточного увлажнения и виды земель, требующих осушения

Главной причиной избыточного увлажнения сельскохозяйственных земель в нечерноземной полосе СССР является значительное количество выпадающих здесь атмосферных осадков, превышающее расход влаги на суммарное испарение с поверхности почвы и растительностью. Так, в северо-западной зоне в среднем четыре раза в каждые пять лет сумма атмосферных осадков за безморозный период и запаса зимних осадков, поступающего в почву во время весеннего снеготаяния, превышает суммарное испарение за безморозный период.

Вследствие этого в нечерноземной полосе при отсутствии условий для быстрого отвода воды из почвы (пересеченный рельеф, водопроницаемые подпочвенные слои и др.) всегда имеется опасность более или менее длительного избыточного увлажнения верхних слоев почвы, препятствующего развитию растений.

Кроме этой главной причины избыточного увлажнения почвы, имеется ряд других внутризональных причин, которые усиливают, а иногда и ослабляют действие основной причины. К ним относятся рельеф поверхности, литологическое строение подпочвенных слоев и гидрогеологические условия местности.

Рельеф поверхности оказывает громадное влияние на режим влажности почвы. На повышенных водораздельных участках, где накопление влаги в почве может идти только за счет атмосферных осадков, выпавших непосредственно на данную площадь, избыточное увлажнение бывает лишь во время весеннего снеготаяния или в периоды выпадения интенсивных дождей, а при благоприятных литологических условиях может и не быть вовсе. Но по направлению от водораздельных участков к понижениям (на склонах) количество воды, поступающей в почву, увеличивается в результате стекания с вышележащей части склона, при этом пологие склоны переувлажняются больше, чем крутые, а нижняя часть склона больше, чем верхняя. Особенно неблагоприятный водный режим почвы складывается в многочисленных бессточных понижениях, широко распространенных на избыточно увлажненных землях.

Второй внутризональной причиной избыточного увлажнения почвы является литологическое строение подпочвенных слоев. Воды атмосферных осадков, выпадающие на поверхность почвы, прежде всего насыщают гумусовый слой, после чего избыток воды, не удерживаемый им, начинает просачиваться в подпочвен-

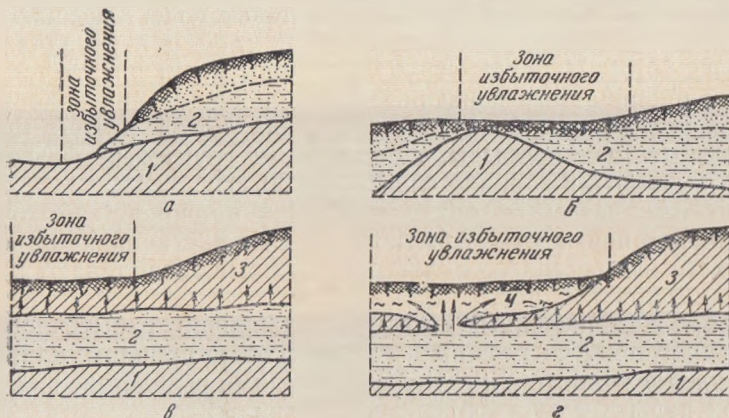


Рис. 80. Случаи избыточного увлажнения грунтовыми водами:

*а* — выклинивание безнапорных грунтовых вод; *б* — застойный бассейн грунтовых вод; *в* — насыщение почвы напорными грунтовыми водами; *г* — образование болота грунтово-напорного питания; 1 — водоупор; 2 — водоносный слой; 3 — маловодопроницаемый слой; 4 — торф.

ные слои. Если эти слои сложены водопроницаемыми песчаными и супесчаными отложениями, избыток воды просачивается вглубь и выпадает из влагооборота гумусового слоя, вследствие чего его переувлажнение в этом случае бывает кратковременным. Если же, наоборот, подпочвенные слои водонепроницаемые, избыток вод атмосферных осадков не может просачиваться в глубину, быстро переувлажняет гумусовый слой до полной влагоемкости и скапливается на его поверхности. При таких условиях переувлажнение гумусового слоя носит длительный характер, что весьма вредно отражается на развитии сельскохозяйственных культур, а часто приводит к их гибели.

Третьей внутризональной причиной избыточного увлажнения почвы является выход на поверхность грунтовых вод глубоких горизонтов в виде источников или в виде сплошного пластового выклинивания. В обоих случаях грунтовые воды могут быть напорными и безнапорными.

Безнапорные грунтовые воды образуются в тех случаях, если водоносный пласт перекрыт сверху водопроницаемым грунтом. Эти воды могут явиться причиной избыточного увлажнения тогда, когда водоносный пласт выклинивается в понижение местности — долину реки, тальвег, озерную котловину и т. п. (рис. 80, *а*) или если безнапорные грунтовые воды образуют застойный бассейн, уровень которого стоит высоко вследствие особенностей геологического строения местности (рис. 80, *б*).

Напорные грунтовые воды образуются тогда, когда водоносный пласт перекрывается менее водопроницаемым слоем. В этом



случае находящиеся под напором грунтовые воды насыщают вышележащий, менее водопроницаемый слой и переувлажняют его (рис. 80, *в*). Напорные грунтовые воды могут питать также и хорошо проницаемые почвенные слои, лежащие над водопроницаемой кровлей, особенно в тех случаях, когда в этой кровле имеются местные прорывы, через которые грунтовые воды могут легко поступать в верхние слои (рис. 80, *г*).

Наконец, четвертой внутрizonальной причиной избыточного увлажнения почвы может быть длительное застаивание на ее поверхности вод весеннего половодья, которые затапливают поймы средних и крупных рек.

Кроме перечисленных естественных причин избыточного увлажнения почвы, возможны и искусственные причины, например подтопление территории грунтовыми водами вследствие поднятия уровня воды в искусственных водохранилищах.

В зависимости от сочетания всех перечисленных причин и условий увлажнения все используемые в сельском хозяйстве избыточно увлажненные земли подразделяются на земли временного избыточного увлажнения и земли постоянного избыточного увлажнения.

К первому типу относятся:

1) минеральные земли, расположенные на водоразделах и на пологих склонах, периодически переувлажняемые водами атмосферных осадков во время весеннего снеготаяния и при летних и осенних паводках;

2) земли, увлажняемые безнапорными грунтовыми водами, уровень и дебит которых подвержен резким колебаниям в связи с выпадением атмосферных осадков;

3) поймы средних и крупных рек, периодически затопляемые весенними полыми водами.

К землям постоянного избыточного увлажнения относятся:

1) участки, увлажняемые напорными грунтовыми водами с постоянным напорным уровнем и дебитом, обычно расположенные на склонах или у их подножия;

2) замкнутые понижения в поймах рек, уровень грунтовых вод в которых подпирается уровнем воды в реке даже в меженьный период;

3) торфяные болота всех типов.

Болотом называется часть земной поверхности, характеризующаяся обильным застойным или слабопроточным увлажнением верхних горизонтов почвы, на которой произрастает типичная болотная растительность, идет процесс торфонакопления и толщина слоя торфа составляет более 0,3 м.

Причинами накопления торфа и образования болот могут быть:

а) естественный ход дернового процесса почвообразования, характеризующийся постепенным накоплением в почве влагоем-

кого органического вещества, переходящий в конечной стадии в процесс торфонакопления;

б) постоянное выклинивание на поверхность грунтовых вод при небольшом их дебите;

в) постоянное зарастание водной и болотной растительностью стоячих водоемов (озер).

В процессе развития все болота, как правило, проходят три последовательные стадии: низинного, переходного и верхового болота, для которых характерны различная растительность и свойства торфа.

Низинное болото является первой стадией процесса болотообразования и отличается высокой зольностью торфа и большой степенью его разложения. Растительность низинных болот состоит из осок разного вида, зеленых гипновых мхов, ивы, березы, реже ели. Эти болота наиболее пригодны для сельскохозяйственного использования.

Верховое болото является последней стадией процесса болотообразования. Торф верховых болот беден минеральными соединениями и имеет весьма низкую зольность. Растительный покров в основном состоит из белого сфагнового мха, по которому растут клюква, морошка, одноголовая пушица, росянка, подбел, багульник и корявая болотная сосна. Верховые болота наименее пригодны для сельскохозяйственного использования.

Переходные болота представляют собой переходную стадию от низинных к верховым. На этих болотах еще сохраняется растительность низинных болот, но уже появляется и растительность верховых. Торф переходных болот обычно хорошо минерализован и только с поверхности покрыт сравнительно тонким слоем малоразложившегося мохового торфа. Переходные болота вполне пригодны для сельскохозяйственного использования, но для их освоения требуются большие капитальные затраты, чем для освоения низинных болот.

#### § 46. Методы и способы осушения избыточно увлажненных земель

В зависимости от пути, по которому вода отводится с осушаемой территории, различают пять методов осушения (рис. 81):

1) ускорение поверхностного стока (отвод воды по поверхности осушаемого участка);

2) ускорение стока по пахотному слою (отвод воды через пахотный слой по поверхности подпахотного слоя);

3) ускорение внутреннего стока (отвод воды через толщу грунта, подстилающую пахотный слой);

4) уменьшение притока воды на осушаемую территорию (отраждение участка от притока воды со стороны);

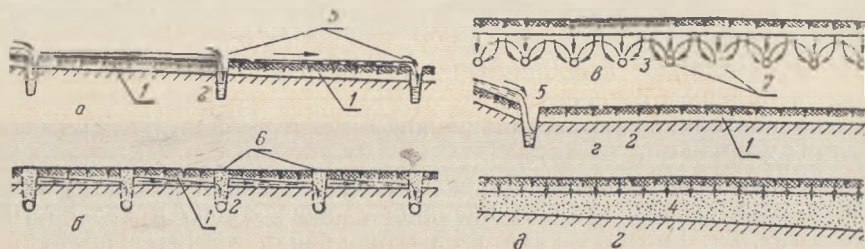


Рис. 81. Схемы методов осушения:

*a* — ускорение поверхностного стока; *б* — ускорение стока по пахотному слою; *в* — ускорение внутреннего стока; *г* — уменьшение притока на осушаемую территорию извне; *д* — ускорение просачивания в подпахотный слой; 1 — пахотный слой; 2 — подпахотный водонепроницаемый слой; 3 — подпахотный водопроницаемый слой; 4 — подпахотный разрыхленный слой; 5 — открытые канавы; 6 — дрены с проницаемой засыпкой; 7 — дрены.

5) ускорение просачивания воды в подпахотные слои (увеличение влагоемкости почвенного профиля).

Выбор метода осушения определяется причинами избыточного увлажнения каждого осушаемого участка, его литологическим строением и сельскохозяйственным использованием.

Метод ускорения поверхностного стока практически может быть применен только при осушении естественных лугов и пастбищ или участков длительного залужения с плотной дерниной. На пашне, используемой под пропашные и зерновые культуры, сток по поверхности может быть только после того, как пахотный слой будет насыщен до полной влагоемкости. В этом случае удаление только поверхностных вод не решает задачу осушения — необходимо, кроме этого, освободить от излишней воды сам пахотный слой.

В зависимости от литологического строения подпахотных слоев излишняя вода из пахотного слоя может быть удалена или методом ускорения внутреннего стока через подпахотный слой, если он достаточно водопроницаем для того, чтобы своевременно пропустить через себя то количество воды, которое поступает из пахотного слоя, или методом ускорения стока по пахотному слою, если подпахотный слой практически водонепроницаем. Последний метод широко применяется при осушении минеральных избыточно увлажненных земель с тяжелыми почвами, используемые под пашню.

Ограждение осушаемой территории от притока вод со стороны обязательно применяется во всех тех случаях, когда этот приток есть.

Метод осушения путем увеличения влагоемкости подпахотного слоя является наиболее простым, а поэтому его тоже нужно использовать во всех возможных случаях. Однако этим методом из пахотного слоя можно отвести сравнительно небольшое количество воды, а поэтому он полностью может обеспечить осушение

территории только в тех случаях, когда избыток влаги в пахотном слое невелик; в большинстве же случаев в дополнение к нему необходимо применить один из перечисленных методов.

Вообще вследствие многообразия природных условий и причин избыточного увлажнения земель лишь в редких случаях удается достигнуть осушения участка, применяя только один метод осушения, обычно комбинируют несколько методов.

В отличие от методов осушения, определяющих пути, по которым избыточная вода удаляется из почвы, способы осушения определяют систему сооружений, с помощью которых технически решается задача осушения данной территории.

В настоящее время в СССР применяют следующие способы осушения избыточно увлажненных минеральных земель и болот:

- 1) закрытый (подземный) дренаж;
- 2) частую сеть открытых канав;
- 3) разреженный закрытый дренаж в сочетании с агромелиоративными мероприятиями;
- 4) редкую сеть открытых канав или переходимых ложбин в сочетании с агромелиоративными мероприятиями;
- 5) выборочный закрытый дренаж;
- 6) редкую сеть открытых тальвеговых канав;
- 7) оградительную систему нагорных каналов и ловчих дрен;
- 8) обвалование для предотвращения затопления высокими паводковыми водами;
- 9) агромелиоративные мероприятия без устройства постоянной осушительной сети.

В каждом случае выбор способа осушения определяется принятым методом осушения, предполагаемым сельскохозяйственным использованием осушаемой территории и экономическими соображениями.

Вследствие большого разнообразия природных и хозяйственных условий на каждом объекте осушения обычно применяется не один, а несколько способов осушения в различных сочетаниях.

Закрытый дренаж применяют в тех случаях, когда возможно осушение методом ускорения внутреннего стока (при достаточно высокой водопроницаемости подпахотных слоев) и если при этом осушенные земли используются под высокопродуктивные сельскохозяйственные культуры: овощи, картофель, сахарную свеклу, а также при организации на мелиорируемых землях искусственных пастбищ. При использовании осушаемых земель под зерновые культуры и естественные кормовые угодья применение дорогостоящего закрытого дренажа нерентабельно.

Частая сеть открытых канав чрезвычайно неудобна в эксплуатации, а поэтому ее применяют только при осушении легких и средних минеральных почв и торфяных болот, если они не используются под высокопродуктивные культуры, и в некоторых исключительных случаях для осушения участков с незначитель-

ными уклонами поверхности при высоком уровне воды в водоприемнике.

Разреженный дренаж или редкую сеть канав в сочетании с агромелиоративными мероприятиями, рассчитанные на осушение методом ускорения стока по пахотному слою, а также на увеличение влагоемкости подпахотного слоя, применяют на тяжелых почвах при залегании на глубине не более 0,40 м практически водонепроницаемых глин или тяжелых суглинков. При достаточной водопроницаемости подпахотных слоев применение этих способов осушения, независимо от сельскохозяйственного использования мелиорируемых земель, нецелесообразно, так как агромелиоративные мероприятия в этом случае неэффективны.

Выборочный закрытый дренаж строят в тех случаях, когда избыточное увлажнение наблюдается не на всей территории, а только на отдельных пониженных участках, в местах малоинтенсивного выклинивания грунтовых вод и т. п.

Сеть открытых тальвеговых канав применяют при осушении естественных кормовых угодий, а также при осушении отдельных тальвегов и западин, располагающихся среди пахотных земель нормального увлажнения, не требующих осушения.

Нагорные каналы, ловчие дрены и обвалование применяют в тех случаях, когда осушаемую территорию необходимо оградить от притока воды извне.

Агро-мелиоративные мероприятия без устройства постоянной осушительной сети можно применять при осушении тяжелых минеральных почв только в тех случаях, когда степень избыточного увлажнения невелика и оно носит кратковременный характер, что бывает при расчлененном и достаточно выраженном рельефе (средний уклон поверхности более 0,01).

#### § 47. Эффективность осушительных мелиораций

Проводимые на избыточно увлажненных землях осушительные мелиорации значительно улучшают водный режим корнеобитаемого слоя почвы. Удаление избыточной влаги и увеличение в связи с этим содержания воздуха в корнеобитаемом слое создают условия для усиления деятельности аэробной микрофлоры почвы и подавляют анаэробные бактерии, вследствие чего усиливается разложение органического вещества в почве и увеличиваются запасы минеральной пищи для растений. Под влиянием осушения корнеобитаемого слоя в нем подавляется ход восстановительных процессов и уменьшается кислотность почвы, которая в зоне подзолистых почв весьма отрицательно сказывается на развитии большинства сельскохозяйственных культур.

Удаление избыточной влаги значительно снижает теплопроводность и теплоемкость корнеобитаемого слоя, в результате чего он лучше прогревается весной и в первой половине лета.

При комплексном выполнении осушительных мелиораций и обеспечении на мелиорированных землях высокой агротехники эти мелиорации всегда дают большой экономический эффект.

В среднем урожаи сельскохозяйственных культур в результате проведения осушительных мелиораций увеличиваются:

- по зерновым с 9 до 14—19 ц/га;
- по картофелю с 85 до 120—190 ц/га;
- по капусте с 185 до 270—400 ц/га;
- по сахарной свекле с 110 до 175—290 ц/га;
- по многолетним травам (сено) с 18 до 26—33 ц/га.

Дополнительный чистый доход в результате проведения осушительных мелиораций составляет в среднем на 1 га: при использовании мелиорированных земель под зерновые 25—40 руб., под картофель 240—440 руб., под капусту 480—650 руб., под сахарную свеклу 100—125 руб. и под многолетние травы 6—18 руб. Следовательно, дополнительный чистый доход с мелиорированных земель при использовании их под интенсивные культуры (картофель, овощи и др.) во много раз выше, чем при использовании их под зерновые и многолетние травы.

Подсчитано, что при условии проведения осушительных мелиораций только на избыточно увлажненных пахотных землях, уже используемых в сельском хозяйстве, с них ежегодно можно получить дополнительную сельскохозяйственную продукцию (молоко, мясо, овощи, зерновые и технические культуры) на общую сумму около 1,2 млрд. руб.

Но осушительные мелиорации только тогда могут дать должный технический и экономический эффект, если они проведены комплексно в возможно короткий срок, начиная от строительства осушительной сети и кончая первичной обработкой мелиорируемых участков с доведением их до состояния, пригодного для посева сельскохозяйственных культур. Выполнение лишь некоторой части необходимых мелиоративных работ, например только осушения, приводит к тому, что сроки ввода в эксплуатацию мелиорированных земель затягиваются на долгие годы, построенные осушительные системы разрушаются и затраченные на них средства непроизводительно замораживаются. Точно так же необходимо, чтобы на мелиорированных землях после сдачи их в эксплуатацию соблюдалась высокая агротехника при возделывании всех сельскохозяйственных культур. В противном случае выполненные мелиоративные работы не смогут дать требуемого от них эффекта, в результате чего произведенные затраты окупились только через много лет.

## § 48. Осушительная система и ее составные части

Осушительной системой называется совокупность открытых каналов, закрытых дрен, гидротехнических сооружений и агро-мелиоративных мероприятий, устроенных на избыточно увлажненной территории для регулирования ее водного режима — преимущественно отвода избыточных вод.

Всякая осушительная система, как правило, состоит из четырех частей: регулирующей, оградительной, проводящей и водоприемника.

В задачу регулирующей части осушительной системы входит непосредственное создание и регулирование требуемого водного режима осушаемой территории. Регулирующая часть системы должна поглощать избыточную влагу из почвы, превращать ее в состояние водных токов и доставлять образовавшиеся элементарные потоки воды в проводящую часть.

Оградительная часть осушительной системы перехватывает поверхностные и грунтовые воды, поступающие на осушаемую территорию извне, и отводит их в проводящую часть системы или непосредственно в водоприемник.

Проводящая часть осушительной системы отводит воду, поступающую из регулирующей и оградительной части в водоприемник, который должен беспрепятственно принимать всю воду, отводящуюся с осушаемой территории.

Осушительная система состоит из той или иной комбинации следующих ее элементов: открытых осушительных каналов, закрытых (подземных) дрен (траншейных, кротовых или щелевых), переходимых ложбин, борозд разных видов и кротовин.

Открытые осушительные каналы, входящие в состав регулирующей части осушительной системы при осушении методом ускорения внутреннего стока, называются осушителями, каналы регулирующей части системы при осушении методом ускорения поверхностного стока и каналы, принимающие в себя борозды, образующиеся при проведении агро-мелиоративных мероприятий при осушении методом ускорения стока по пахотному слою, называются собирателями.

Открытые каналы оградительной части системы, ограждающие осушаемую территорию от притока поверхностных вод, называются нагорными, а перехватывающие поток грунтовых вод — ловчими.

Открытые каналы проводящей части системы, принимающие в себя осушители и собиратели, называются транспортирующими собирателями, крупные же каналы, принимающие все младшие элементы осушительной сети и отводящие воду в водоприемники, называются магистральными каналами. Открытые каналы проводящей части системы, принимающие в себя только элементы

закрытых осушительных систем, называют открытыми коллекторами.

При осушении закрытым дренажем в состав проводящей части осушительной системы входят также закрытые дренажные линии, принимающие в себя дрены-осушители, называемые закрытыми коллекторами.

Поперечное сечение большинства открытых осушительных каналов независимо от их назначения имеет форму трапеции. Только в некоторых случаях крупным магистральным каналам придают параболическую форму поперечного сечения.

Типовые поперечные разрезы открытых осушительных каналов представлены на рисунке 82.

Глубина открытых осушительных каналов  $h$  изменяется от 0,8 до 2,5 м, а в некоторых случаях до 3 м.

Ширина открытых каналов по дну  $b$  не должна быть меньше 0,25 м и в редких случаях превышает 3 м.

Коэффициент заложения откосов определяется устойчивостью грунта и изменяется в пределах от  $m=0,5$  до  $m=2,5$ , параметр параболы  $p$  при параболическом сечении принимается в пределах от 2,5 до 12.

Ширина открытых каналов поверху определяется шириной по дну, глубиной канала и коэффициентом заложения откосов или параметром параболы и вычисляется по формулам:

для трапецидального сечения

$$a = b + 2mh \quad (II-1)$$

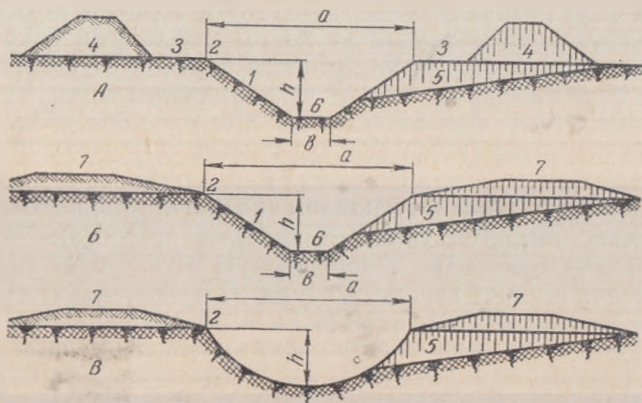


Рис. 82. Поперечные разрезы осушительных каналов:

*A* — трапецидальное сечение, вынутый грунт сложен в кавальеры; *B* — трапецидальное сечение, вынутый грунт разровнен; *B* — параболическое сечение, вынутый грунт разровнен; 1 — откос; 2 — бровка; 3 — берма; 4 — кавальер; 5 — воронка для стока воды; 6 — дно; 7 — разровненный грунт.



и для параболического сечения

$$a = 2\sqrt{2ph}. \quad (\text{II—2})$$

Площадь поперечного сечения канала вычисляют по формулам: для трапецидального сечения

$$\omega = h(b + mh) \quad (\text{II—3})$$

и для параболического сечения

$$\omega = 0,66 ab. \quad (\text{II—4})$$

Объем участка канала между двумя соседними сечениями вычисляют по формуле:

$$V = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} L, \quad (\text{II—5})$$

где  $\omega_1$  и  $\omega_2$  — площади поперечного сечения канала в соседних точках и  $L$  — расстояние между этими сечениями.

Вынутый из осушительных каналов грунт складывают в валы по обеим сторонам или по одной стороне канала, которые носят название кавальеров, или разравнивают тонким слоем (не более 0,3 м) по обеим сторонам канала. При устройстве кавальеров между краем выемки канала, который называется бровкой, и основанием кавальера оставляют берму шириной от 0,5 до 1,5 м, в зависимости от размеров канала. Для стока воды с поверхности осушаемого участка по обе стороны всех осушительных каналов устраивают водосточные воронки-канавки, пересекающие кавальер или слой разровненного грунта. Эти воронки имеют ширину по дну 0,2 м, глубину от 0,5 до 1,0 м у бровки канала до нуля за кавальером; заложение откосов воронок от 0,5 до 1,0. Положение воронок приурочивают к понижениям местности, которые пересекаются трассой канала, при среднем расстоянии между ними 50 м по каждой стороне канала.

Траншейными дренами в осушении называются трубы или укрепленные каким-либо материалом полости, проложенные в предварительно вырытой траншее, которые принимают в себя воду из почвы и отводят ее в проводящую сеть. После укладки дрен траншеи засыпают вынутым грунтом. В зависимости от материала, из которого устраиваются дрена, дренаж может быть гончарный, дощатый, желобковый, фашинный, жердяной и каменный.

Траншейные дрена, входящие в регулирующую часть осушительной системы при осушении методом ускорения внутреннего стока и принимающие в себя воды, отводимые системой агромерлиоративных мероприятий при осушении методом ускорения стока по пахотному слою, называют дренами. Гончарные и дощатые дрена увеличенного диаметра, принимающие в себя дрена ре-

гулирующей части системы, настилают закрытыми коллекторами. Дрены, предназначенные для перехвата грунтового потока, поступающего на осушаемую территорию со стороны, называют головными.

Гончарный дренаж устраивают из коротких (длиной 33 см), хорошо обожженных гончарных трубок с прямым обрезом с обоих концов, которые укладывают на глубине 0,8—1,5 м на спланированное по уклону дно траншеи впритык друг к другу. В СССР гончарные дренажные трубы изготавливают следующих стандартных внутренних диаметров: 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25 и 30 см (рис. 83).

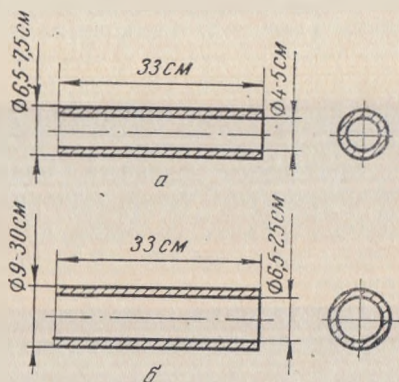


Рис. 83. Гончарная дренажная трубка:  
а — для дрен; б — для закрытых коллекторов.

Дощатые дрены сколачивают из досок толщиной 12—25 мм.

Они имеют поперечные сечения 7,5×7,5 см или 10×10 см (рис. 84, б). Для приема воды из почвы под верхней доской вдоль всей дрены устраивают щель шириной 5—7 мм, для образования которой под верхнюю доску подкладывают рейки соответствующей толщины на расстоянии 70—80 см.

Желобковые деревянные трубы (рис. 84, в) изготавливают из подтоварного леса диаметром от 12 до 15 см. От бревна отпиливают горбыль толщиной, равной 1/4 его диаметра, а в оставшейся части на специальном станке выбирают желобок глубиной 7—8 см, шириной 5—6 см, после чего горбыль укладывают на место и приколачивают гвоздями, также прокладывая рейки толщиной 5—7 мм для образования щели.

Фашинные дрены (рис. 84, г) представляют собой фашину диаметром 20—30 см из ивового, ольхового или осинового хвороста, очищенного от листьев и очень плотно перевязанного проволокой или ивовыми вицами через каждые 40—50 см. Фашины вяжут непрерывные на всю длину траншеи, хворост в фашину укладывают комлями против течения воды. Для предохранения от заиления фашинные дрены обкладывают сверху дерном травой вниз.

Жердяные дрены (рис. 84, д) устраивают из жердей диаметром 7—10 см. На дно траншеи по бокам кладут две по возможности прямые жерди, на которые через каждый метр укладывают короткие поперечные подкладки, а на последние сплошной настил из жердей. Во избежание заиления образовавшейся полости на жердяной настил укладывают дерн травой вниз.

Каменные дрены (рис. 84, *е*) представляют собой неплотную сухую кладку из мелкого камня (диаметром от 5 до 15—20 см). При укладке камня в нижней части кладки устраивают сплошную продольную полость, по которой должна двигаться большая часть воды, отводимой дренаем. Сверху дрены закрывают дерном.

Кротовыми дренами называют цилиндрические полости диаметром от 6 см на минеральных глинистых почвах до 20 см на торфяниках, похожие на ходы кротов, прокладываемые в почве на глубине 0,5—0,7 м специальными машинами (рис. 85).

Переходимые ложбины имеют глубину 0,4—0,5 м, ширину по верху до 8 м, заложение откосов 1:5—1:8; их устраивают с помощью специальных орудий — ложбиноделателей.

Осушительные борозды бывают трех видов: разъемные узкозагонной вспашки, борозды между гребнями и грядами при гребневании и грядовании и поперечные водоотводные. Разъемные борозды между гребнями и грядами образуются при проведении соответствующих агромероприятий и имеют глубину 0,20—0,25 м, ширину по верху 0,7—0,8 м.

Поперечные водоотводные борозды устраивают специальными бороздоделателями глубиной до 0,35 м при ширине по верху 0,7—1,0 м.

Кротовины, устраиваемые при кротовании, отличаются от кротовых дрен меньшей глубиной закладки (0,35—0,40 м). Устраивают кротовины либо одновременно со вспашкой с помощью кротователя, укрепляемого на одном из корпусов многокорпусного тракторного плуга (рис. 86), либо независимо от вспашки с помощью специальных машин-кротователей.

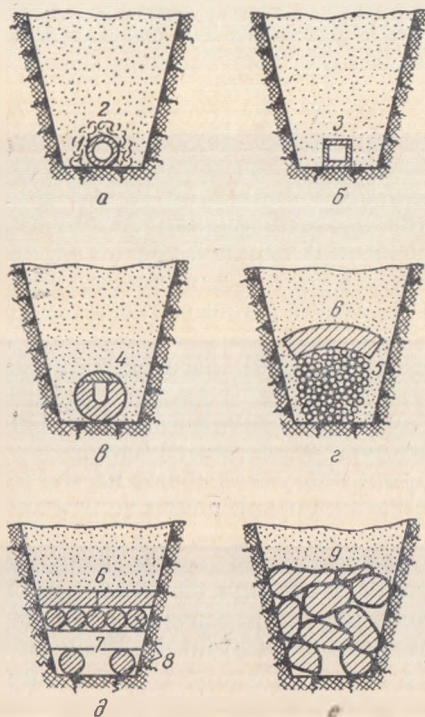


Рис. 84. Поперечные разрезы траншейных дрен:

*а* — гончарной; *б* — дощатой; *в* — из деревянных желобковых труб; *г* — фашинной; *д* — жердяной; *е* — каменной; *1* — гончарная трубка; *2* — мох; *3* — дощатая труба; *4* — деревянная желобковая труба; *5* — фашина; *6* — дерн; *7* — подкладка; *8* — жерди; *9* — каменная наброска.

Все перечисленные элементы осушительной сети могут выполнять различные функции в регулирующей, оградительной и проводящей части осушительной системы

Осушительная система должна в возможно меньшей степени препятствовать работе сельскохозяйственных машин на мелиорированных землях и, в частности, должна допускать поперечную обработку пропашных культур.

Осушительную систему следует полностью увязывать с расположением полей севооборота. Крупные открытые осушительные каналы, как правило, не должны пересекать полей севооборота, а проходить по их границам; каналы мелкой осушительной сети должны быть параллельны длинным сторонам полей севооборота и не должны рассекать поля севооборота на участки



Рис. 85. Дренажно-котовая машина ДКТ-100.

неудобной конфигурации с острыми углами.

Осушительная система должна быть удобной в эксплуатации и обеспечить возможность применения механизмов для выполнения работ по уходу и надзору за осушительными каналами, закрытыми дренажными линиями и сооружениями на осушительной сети.

Осушительная система должна допускать возможность организации на осушенных землях двухстороннего регулирования режима влажности почвы.

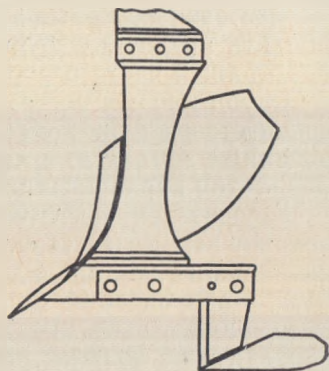


Рис. 86. Кротователь к тракторному плугу.

## ГЛАВА 14

### РЕГУЛИРУЮЩАЯ ОСУШИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ

#### § 49. Требования, предъявляемые сельскохозяйственными культурами к водному режиму почвы

Наиболее точным показателем степени увлажнения почвы является ее влажность — содержание воды в единице объема почвы, выраженное в процентах. Этим показателем и следует пользоваться при расчете проектируемых осушительных систем и при оценке действия уже построенных.

Однако до настоящего времени не предложено быстрых и достаточно точных методов определения влажности почвы, поэтому практическое пользование этим показателем степени увлажнения почвы представляет значительные трудности.

На достаточно водопроницаемых супесчаных и песчаных почвах, а также на торфяниках, где наблюдается ясно выраженный уровень грунтовых вод, увлажнение верхних почвенных слоев в значительной мере определяется глубиной стояния этого уровня от поверхности почвы; однако надежных математических зависимостей между глубиной стояния уровня грунтовых вод и влажностью верхних слоев почвы не установлено.

В связи с этим на легких водопроницаемых минеральных почвах и торфяниках исходным показателем водного режима почвы, а следовательно, показателем влияния на него осушительных систем является глубина уровня грунтовых вод, а на тяжелых суглинистых и глинистых почвах — влажность почвы, выраженная в процентах от полной влагоемкости.

Верхний предел влажности почвы, оптимальной для роста сельскохозяйственных культур, определяется только степенью аэрации почвы, так как снабжение растений влагой, очевидно, будет тем лучшим, чем выше влажность.

Минимальный объем воздуха в почве, необходимый для нормального развития сельскохозяйственных культур, изменяется, в зависимости от рода культур, от 10 до 50% от порозности, а следовательно, оптимальная для роста растений влажность почвы будет изменяться от 90 до 50% от полной влагоемкости почвы\*.

Оптимальные значения влажности почвы для основных групп сельскохозяйственных культур, выращиваемых в зоне избыточно-го увлажнения, приводятся в таблице 42.

ТАБЛИЦА 42

Оптимальные значения влажности почвы,  
в % от полной влагоемкости

Группы сельскохозяйственных культур	Оптимальная влажность почвы
Зерновые хлеба товарного значения, преимущественно яровые . . . . .	40—50
Зерновые бобовые . . . . .	50—60
Картофель, сахарная свекла, кукуруза на силос, корнеплоды и другие технические культуры . . . . .	60—70
Овощные культуры:	
томаты . . . . .	50—70
редис . . . . .	70—75
лук репчатый . . . . .	75—80
огурцы . . . . .	60—85
капуста белокочанная . . . . .	70—85
Полевые многолетние травы . . . . .	70—80
Луговые травы . . . . .	80—100

На легких минеральных почвах и торфяниках оптимальная глубина стояния уровня грунтовых вод, обеспечивающая получение наивысшего урожая сельскохозяйственных культур, называется нормой осушения. Очевидно, на тяжелых почвах с водонепроницаемыми подпочвенными слоями, где сплошной уровень грунтовых вод не устанавливается, это понятие не имеет смысла.

Научными исследованиями установлено, что норма осушения не является постоянной величиной для данной сельскохозяйственной культуры, а изменяется в течение вегетационного периода в связи с развитием корневой системы.

При расчетах осушительных систем пользуются средними значениями нормы осушения, которые приводятся в таблице 43.

\* При расчетах осушительных систем с достаточной точностью можно приравнивать полную влагоемкость почвы в процентах по объему к ее порозности.

Средние значения нормы осушения, см

Наименование культур	Пред- посевной период	Первый месяц вегетации	Остальная часть периода вегетации
Зерновые яровые . . . . .	45—50	70—80	70—90
» озимые . . . . .	70—80	70—80	70—90
Конопля . . . . .	50—60	70—85	85—105
Картофель, сахарная и кормовая свекла . . . . .	70—80	85—100	90—100
Овощи, подсолнечник, кукуруза на силос . . . . .	50—60	70—80	80—100
Трава на сено . . . . .	40—50	50—60	60—75
» на выпас . . . . .	50—60	65—70	70—80

В критические периоды работы осушительной сети (после выпадения сильных ливней или во время длительных обложных дождей) норма осушения для всех культур может быть уменьшена на короткий срок (3—5 дней) не менее чем до 0,20 м.

#### § 50. Общие принципы проектирования регулирующей осушительной сети

Задачей регулирующей части осушительной системы (регулирующей осушительной сети) и является поддержание влажности почвы или уровня грунтовых вод в пределах, указанных в таблицах 42 и 43.

Как уже указывалось, регулирующая сеть должна поглотить из почвы избыточную воду, накопившуюся в ней сверх оптимальных пределов влажности или сверх уровня грунтовых вод, соответствующего норме осушения, и отвести ее в проводящую осушительную сеть.

Полная влагоемкость минеральных почв обычно изменяется от 30—32% для легких песчаных почв до 60—62% для тяжелых суглинистых и глинистых почв, а следовательно, оптимальная для развития сельскохозяйственных культур влажность почвы в зависимости от вида культур будет составлять от 15—29% по объему для легких почв до 30—56% для тяжелых. Количество воды, которое должна удалить регулирующая часть осушительной системы, устраиваемой на минеральных избыточно увлажненных землях, из пахотного (корнеобитаемого) слоя почвы при его увлажнении до полной влагоемкости, приведено в таблице 44.

Однако даже самая совершенная регулирующая часть осушительной системы, рассчитанная на отвод гравитационной воды, может удалить из пахотного слоя только то количество воды, которое не удерживается в почве капиллярными силами. Это количество воды, которое называется водоотдачей почвы, зависит от свойств грунта и от глубины стояния уровня грунтовых вод ниже

Количество воды, подлежащее удалению из пахотного слоя почвы при его переувлажнении до полной влагоемкости (в % по объему)

Наименование культур	Количество излишней воды в пахотном слое	
	на легких почвах	на тяжелых почвах
Зерновые (пшеница, рожь, ячмень, овес) . . . . .	13—15	25—30
Пропашные (картофель, сахарная свекла, кукуруза на силос, корнеплоды) . . . . .	10—12	20—25
Капуста белокочанная . . . . .	5—9	10—18
Многолетние травы . . . . .	3—6	8—12

осушаемого пахотного слоя. Для легких почв, в которых возможно достаточно глубокое понижение уровня грунтовых вод до нормы осушения, величина водоотдачи составляет 8—10% по объему. На тяжелых же почвах, подстилаемых практически водонепроницаемыми подпахотными слоями, количество воды, которое может быть удалено из пахотного слоя регулирующей частью осушительной системы, равно величине водоотдачи этого слоя при снижении уровня верховодки в нем до его подошвы (на глубину 25—30 см от поверхности). Эта величина водоотдачи составляет 4—5% по объему.

Из сопоставления величин водоотдачи с приведенными в таблице 44 количествами излишней воды в пахотном слое при его переувлажнении видно, что сама по себе регулирующая часть осушительной системы может удалить все количество избыточной воды только при осушении легких почв под влаголюбивые культуры (капусту и травы). Во всех остальных случаях она может отвести из почвы только некоторую часть избыточной воды: около 30% всей излишней воды при осушении под пропашные культуры и около 25% при осушении под зерновые культуры. Остальная избыточная вода удаляется из пахотного слоя в результате испарения в течение более или менее длительного периода, в зависимости от погоды. Очевидно, что чем быстрее осушительная система сбросит ту часть избыточной воды, которая отдается почвой, тем скорее испарением начнет удаляться остальная ее часть и тем скорее пахотный слой будет освобожден от всей избыточной воды.

Таким образом, регулирующая осушительная сеть должна в возможно короткий срок удалить с поверхности почвы и из пахотного (корнеобитаемого) слоя всю отдаваемую почвой гравитационную воду в периоды его переувлажнения выше влажности, оптимальной для развития данной сельскохозяйственной культуры. Состав элементов регулирующей части осушительной системы различен при различных методах осушения.



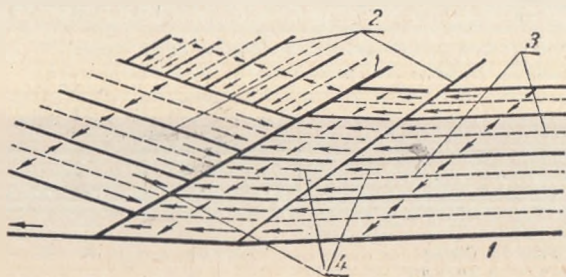


Рис. 87. Элементы осушительной сети при осушении методом ускорения поверхностного стока:

1 — проводящий канал;  
2 — осушительные линии (канавы, ложбины и борозды) по тальвегам и линиям перелома уклона; 3 — водораздел; 4 — направление уклона поверхности.

При осушении методом ускорения поверхностного стока регулирующая часть осушительной системы должна собрать воду с поверхности осушаемой территории и довести ее до проводящих каналов.

Известно, что сток воды по поверхности возможен только в том случае, если она имеет некоторый уклон. Поэтому при осушении методом ускорения поверхностного стока первоначальным элементом регулирующей части осушительной системы является спланированная в различных направлениях поверхность, каждый элемент которой имеет уклон (рис. 87). Вторым элементом регулирующей осушительной сети в этом случае являются открытые осушительные линии (канавы, ложбины или борозды), проложенные обязательно по всем тальвегам осушаемой территории и по возможности по всем линиям перелома уклона поверхности от большого к меньшему.

Поверхностные воды двигаются на спланированной таким образом территории сначала по ее поверхности до ближайшей осушительной линии и далее по ней до ближайшего проводящего канала.

При осушении методом ускорения стока по пахотному слою и методом ускорения внутреннего стока регулирующая часть осушительной системы должна вызвать движение гравитационной воды в насыщенных до полной влагоемкости водопроницаемых слоях почвы.

Как известно из гидравлики, движение гравитационной воды в порах и нешироких трещинах почвогрунта подчиняется линейному закону фильтрации, установленному французским гидравликом Г. Дарси. Этот закон выражается формулой:

$$Q = K \frac{h}{l} \omega, \quad (\text{II}-6)$$

где  $Q$  — расход воды — количество воды, просачившейся через некоторое поперечное сечение грунтового потока в единицу времени;

$h$  — разность уровней воды в верхнем и нижнем сечении грунтового потока,

$l$  — длина пути фильтрации — расстояние между этими сечениями;

$\omega$  — площадь сечения грунтового потока;

$K$  — постоянная величина, зависящая от физических свойств почвогрунта, называемая коэффициентом фильтрации.

Величина  $v = \frac{Q}{\omega}$ , выражающая расход фильтрующейся воды через единицу площади поперечного сечения грунтового потока, называется скоростью фильтрации. Отношение разности уровней воды в двух точках грунтового потока к расстоянию между этими точками  $\frac{h}{l} = I$  называется гидравлическим градиентом грунтового потока.

Введя эти обозначения, закон Дарси можно написать в следующем виде:

$$v = KI. \quad (\text{II—7})$$

Из формулы (II—7) видно, что скорость фильтрации гравитационной воды прямо пропорциональна первой степени гидравлического градиента и что коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом фильтрации, численно равен скорости фильтрации при гидравлическом градиенте, равном единице.

Таким образом, по закону Дарси избыточная гравитационная вода может двигаться в том или ином направлении только при наличии некоторого гидравлического градиента (уклона) между соседними точками.

Очевидно, что для получения этого уклона необходимо создать в осушаемом слое систему полостей, свободных от гравитационной воды, расположенных на определенной глубине на определенных расстояниях друг от друга. В этом случае между уровнем гравитационной воды в осушаемом слое почвы и уровнем воды в этих полостях образуется градиент напора, а следовательно, гидравлический уклон, который будет тем больше, чем глубже и чем чаще расположены свободные от воды полости. В результате в осушаемом слое почвы образуются потоки гравитационной воды в направлении к осушающим полостям, которые будут поддерживаться до тех пор, пока уровень грунтовых вод (верховодки) стоит выше осушающих полостей и пока последние освобождаются от скапливающейся в них воды, то есть когда из них обеспечен постоянный отвод воды.

Эти осушающие полости и являются основными элементами регулирующей части осушительной системы при осушении методами ускорения стока по пахотному слою и ускорения внутреннего стока. Они могут быть или открытыми (канавы и борозды), или закрытыми (гончарные, дощатые, кротовые и другие дрены и кротовины) (рис. 88).

При осушении методом ускорения просачивания избыточной воды в подпахотные слои с помощью агромерелиоративных мероприятий, направленных на увеличение влагоемкости подпахотных слоев, регулирующей частью осушительной системы является дополнительная некапиллярная скважность, образовавшаяся в этих слоях в результате проведения агромерелиоративных мероприятий. Эта дополнительная скважность создает систему осушающих полостей, в которых собирается избыточная вода, просачиваемая из переувлажненного пахотного слоя. Очевидно, что в данном случае условие постоянного отвода из осушающих полостей накапливающейся в них воды не выполняется, а следовательно, этим методом осушения из пахотного слоя может быть отведено сравнительно небольшое количество избыточной воды.

Как уже указывалось, регулирующая осушительная сеть может быть или открытой (открытые каналы, переходимые ложбины и борозды), или закрытой (дренаж всех видов). Оба эти вида регулирующей осушительной сети имеют свои преимущества и недостатки.

Основные преимущества открытой регулирующей сети:

а) строительство открытых каналов просто, полностью механизировано и поэтому в 2—3 раза дешевле строительства закрытых дрен;

б) для строительства открытой регулирующей сети не требуется никаких материалов;

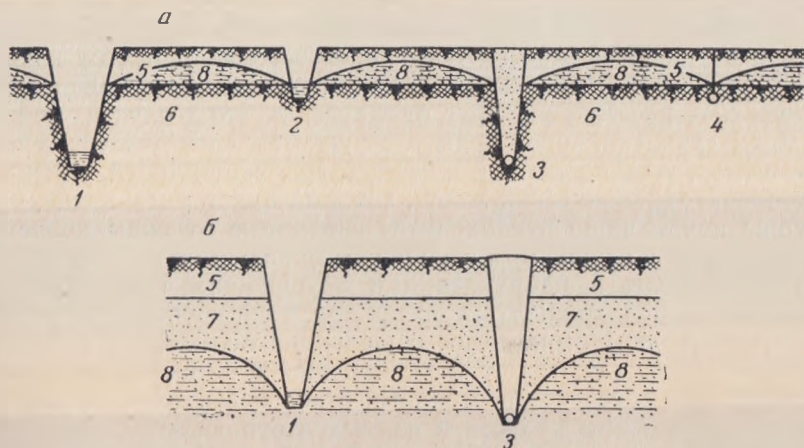


Рис. 88. Разрезы элементов осушительной сети:

а — при осушении методом ускорения стока по пахотному слою; б — ускорением внутреннего стока; 1 — открытая канава; 2 — борозда; 3 — дрена; 4 — кротовина; 5 — пахотный слой; 6 — водонепроницаемый подпахотный слой; 7 — водопроницаемый подпахотный слой; 8 — уровень грунтовых вод (верховодки).

в) при осушении открытыми канавами значительно лучше условия отвода поверхностных вод, поэтому расстояния между осушительными линиями регулирующей сети могут быть увеличены в среднем в отношении 5:3 по сравнению с расстояниями между этими линиями при осушении закрытым дренажем.

В то же время открытая регулирующая сеть имеет ряд крупных недостатков:

а) открытые каналы, переходимые ложбины и борозды затрудняют работу на осушенных землях сельскохозяйственных машин и снижают их производительность;

б) постоянные открытые каналы и прилегающие к ним необрабатываемые полосы занимают значительную часть (до 15—20%) площади осушаемых земель;

в) открытая осушительная сеть требует затраты значительных средств на эксплуатационные расходы по уходу и текущему ремонту, в частности по уничтожению кустарника, быстро разрастающегося на осушительных каналах;

г) открытые каналы являются рассадником сорной растительности, откуда она распространяется на поля;

д) для переезда через открытые каналы требуется устройство большого числа мостов и труб-переездов, а на участках, используемых под пастбище, — ограждение каналов от повреждения скотом.

Основным преимуществом закрытого дренажа перед открытой осушительной сетью является то, что он не имеет всех перечисленных недостатков открытых осушительных систем. Закрытая регулирующая сеть не оказывает никакого препятствия механизации сельскохозяйственных работ на осушенных землях, при устройстве этой сети нет никаких потерь площади под осушительными линиями, значительно упрощается эксплуатация осушительной системы и снижаются эксплуатационные расходы, резко сокращается необходимое количество мостов и труб-переездов, облегчается внутрихозяйственное землеустройство мелиорированной территории.

К недостаткам закрытых осушительных систем относятся:

а) медленный отвод поверхностных вод и избыточных вод, накапливающихся в пахотном слое, вследствие чего закрытые осушительные системы следует сочетать с дополнительными мелиоративными мероприятиями, рассчитанными на быстрое освобождение от избыточных вод пахотного слоя;

б) значительная техническая сложность и трудоемкость строительных работ, которая требует участия высококвалифицированных рабочих и мастеров;

в) значительно более высокая стоимость строительства;

г) необходимость большего понижения уровня воды в водоприемниках и большего заглубления проводящей части осуши-

сеть постоянных канав заключается в замене последних системой временных осушительных линий, которые периодически восстанавливают в процессе обработки почвы почвообрабатывающими орудиями или одновременно с обработкой почвы специальными орудиями. Образующиеся при проведении агроメリоративных мероприятий осушительные борозды переходимы для сельскохозяйственных машин, а поэтому расстояния между ними не лимитируются условиями работы сельскохозяйственных машин и могут определяться приведенным выше расчетом.

Кроме агроメリоративных мероприятий, направленных на создание сети осушительных линий (борозд), на тяжелых почвах применяют мероприятия, направленные на улучшение условий движения воды по пахотному слою и на увеличение его мощности.

В зависимости от условий почвы и рельефа, а также требований различных сельскохозяйственных культур, в сочетании с открытой осушительной сетью применяют следующие виды агроメリоративных мероприятий: узкозагонную вспашку, профилирование, выборочное бороздование, грядование, гребневание, углубление пахотного слоя и рыхление подпахотного слоя.

При узкозагонной вспашке в качестве осушительных линий используют разъемные борозды между соседними загонами вспашки. Если производить вспашку обычными тракторными плугами сравнительно узкими загонами одинаковой ширины, то разъемные борозды образуют правильную сеть осушительных линий, которые и являются элементами регулирующей части осушительной системы.

Для максимального увеличения продольного уклона разъемных борозд вспашку ведут в направлении естественного уклона поверхности, если этот уклон не превышает 0,01.

При уклоне поверхности более 0,01 во избежание размыва разъемных борозд вспашку производят под некоторым углом к направлению уклона с таким расчетом, чтобы уклон самих борозд не превышал 0,01. Но и при вспашке по направлению наибольшего уклона поверхности, при неспланированном естественном рельефе, разъемные борозды могут удовлетворительно работать только при ограниченной их длине — до 120—150 м. Поэтому немедленно после окончания узкозагонной вспашки поперек загонов и разъемных борозд под углом 60—90° к направлению вспашки специальными бороздоделателями прокладывают поперечные водоотводные борозды, выходящие в каналы-собиратели. Эти борозды приурочивают к понижениям местности, а если понижения не выражены, борозды прокладывают параллельно друг другу на расстоянии 80—140 м.

Узкозагонную вспашку удобнее применять при осушении под озимые и яровые зерновые культуры, причем ширину загонов

принимают при уклоне поверхности менее 0,002—12 м, при уклоне поверхности более 0,002—15 м.

На пылеватых почвах с малым коэффициентом фильтрации и малой водоотдачей такие расстояния между осушительными линиями при ровной поверхности между ними оказываются недостаточными. На этих почвах применяют более действенное агромелиоративное мероприятие — профилирование, которое достигается путем двух-трехкратной узкозагонной вспашки с сохранением местоположения линий свалов и разъемных борозд. В результате такой обработки верхний слой почвы постепенно смещается к середине загона, образуя выпуклый двухскатный профиль, при котором расстояние между разъемными бороздами 12—15 м обеспечивает необходимый уровень верховодки в пахотном слое.

В тех случаях, когда поверхность осушаемой территории неровная и избыточное увлажнение имеется только в отдельных понижениях и в слабовыраженных тальвегах, в качестве агромелиоративного мероприятия применяют выборочное бороздование. Правильную сеть разъемных борозд не устраивают, вспашку производят широкими загонами, а по ее окончании бороздоделателями по всем понижениям прокладывают отдельные выборочные борозды, впадающие непосредственно в постоянные собиратели.

Выборочное бороздование применяют при использовании осушаемых земель под любые сельскохозяйственные культуры, так как в этом случае создается лишь редкая сеть борозд, переходимых сельскохозяйственными машинами, которая заметно не влияет на их производительность.

На избыточно увлажненных землях большинство пропашных культур возделывается на грядах или гребнях, причем эти гряды и гребни при последующих обработках восстанавливают несколько раз. Таким образом, в этом случае уже в порядке проведения агротехнических мероприятий создается очень частая сеть межгрядовых или межгребневых борозд с расстояниями между ними соответственно 1,4 и 0,7 м, которая поддерживается в исправном состоянии в течение всего вегетационного периода. Эти борозды могут служить регулирующей частью осушительной системы, если из них обеспечен беспрепятственный отвод воды с помощью поперечных водоотводных борозд, расстояние между которыми на полях, используемых под пропашные культуры, должно быть возможно большим (до 300 м и более). Но такое редкое расположение водоотводных борозд возможно только в том случае, если осушаемая территория хорошо спланирована. Поэтому при осушении тяжелых минеральных почв с использованием их под пропашные культуры первоочередной задачей является планировка поверхности осушаемых полей с соз-

данием возможно более крупных плоских участков с уклоном поверхности от 0,001 до 0,005.

Планировку полей производят планировщиками любых марок, применяемых при строительстве оросительных систем (рис. 24).

Во избежание обнажения бесплодных подзолистых горизонтов почвы при планировке не следует допускать глубину срезки более 0,10—0,15 м при мощности гумусового слоя до 0,20 м и более 0,20—0,25 м при большей его мощности.

Грядование (грядовую вспашку) на спланированной поверхности производят обычными тракторными плугами со специальным приспособлением.

Для выравнивания гряд позади плуга укрепляют легкий шлейф (грейдер). При работе пятикорпусным плугом получают гряды шириной 1,4 м. Под посев ранних овощей грядование выполняют с осени, под посев сахарной свеклы, поздних овощей и корнеплодов гряды напахивают весной.

Гребневание — нарезку гребней на расстоянии 0,7 м друг от друга — применяют при осушении тяжелых минеральных почв под пропашные культуры и овощи при очень малом уклоне поверхности. Под посев ранних овощей и раннего картофеля гребневание производят с осени при подъеме зяби с помощью четырехкорпусных плугов со снятыми первым и третьим корпусами. При возделывании на гребнях пропашных культур и поздних овощей эти культуры высевают или высаживают на ровной поверхности с шириной междурядий не более 0,70 м. Гребни в этом случае образуются при первой междурядной обработке посевов вдоль направления вспашки.

При малых уклонах поверхности (менее 0,001) гребневание весьма эффективно также на посевах озимых культур, которые в этом случае проводят или одновременно с посевом с помощью специально оборудованной сеялки, или в ближайшие после посева дни тракторными окучниками.

Из агромелиоративных мероприятий, рассчитанных на отвод части избыточной воды из пахотного слоя в подпахотный, применяют рыхление подпахотного слоя и углубление пахотного слоя, которые наиболее эффективны под пропашные и поздние овощные культуры.

Для рыхления подпахотного слоя используют тракторный пятикорпусный плуг с почвоуглубителями, которым можно производить вспашку на глубину 25—27 см с дополнительным рыхлением подпахотного слоя на глубину до 15 см.

Углубление пахотного слоя достигается путем постепенного увеличения глубины вспашки (на 3—5 см в год), в результате чего к пахотному слою ежегодно припахивается часть подпахотного. При углублении пахотного слоя обязательно внесение по-

вышенных доз органических удобрений, а на кислых почвах также и извести.

Таким образом, при рассмотренном способе осушения пашни на тяжелых минеральных почвах элементами регулирующей части осушительной системы являются разъемные, выборочные, межгрядовые и межгребневые борозды. Водоотводные борозды и принимающие их постоянные открытые каналы-собиратели по существу относятся к проводящей части осушительной системы. Однако вследствие малых размеров и сравнительно частого расположения открытых собирателей их условно принято относить также к регулирующей части осушительной системы.

Выше указывалось, что при проведении большинства агро-мелиоративных мероприятий, связанных со вспашкой, ее необходимо проводить в направлении уклона поверхности, а следовательно, в этом же направлении необходимо прокладывать постоянные собиратели с тем, чтобы они не мешали проведению механизированных сельскохозяйственных работ.

ТАБЛИЦА 45

Расстояния между постоянными открытыми собирателями при осушении пашни на тяжелых почвах, м

Наименование республик и областей	Уклон поверхности			
	менее 0,0005	0,0005 — 0,002	0,002 — 0,01	более 0,01
РСФСР: Архангельская, Вологодская, Калининградская, Ленинградская, Новгородская, Псковская области, Карельская АССР и Коми АССР, Латвийская ССР; Литовская ССР, Эстонская ССР . . . . .	60—80	80—100	100—140	140—160
РСФСР: Брянская, Владимирская, Горьковская, Калининская, Костромская, Московская, Рязанская, Смоленская, Тульская, Ярославская области, Марийская АССР, Мордовская АССР, Татарская АССР, Удмуртская АССР, Чувашская АССР, Белорусская ССР, Украинская ССР . . . . .	80—100	100—120	120—160	160—180

Примечание. Меньшие расстояния принимаются на более тяжелых почвах, при более выраженном микрорельефе и при наличии оторфованных почв.



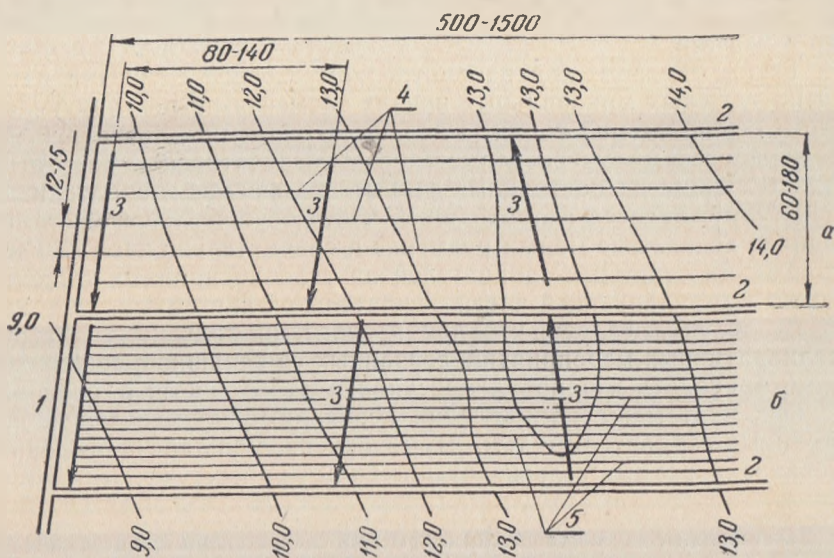


Рис. 90. Схема осушения пашни на тяжелых почвах открытыми канавами в сочетании с агромелиоративными мероприятиями:

*a* — с применением узкозагонной вспашки; *б* — с применением грядования; 1 — транспортный собиратель; 2 — постоянные открытые собиратели; 3 — водоотводные борозды; 4 — разъемные борозды; 5 — междрядовые борозды.

Таким образом, при осушении пашни на тяжелых почвах с применением агромелиоративных мероприятий на осушаемой территории устраивают разреженную сеть постоянных открытых каналов-собирателей, расположенных в направлении уклона поверхности, а при величине его более 0,01 — под углом к направлению уклона поверхности с таким расчетом, чтобы уклон вдоль трассы был бы близок к 0,01.

Так как пропускную способность водоотводных борозд определить трудно, расстояние между этими собирателями нельзя точно рассчитать. Практически его определяют по таблице 45, составленной на основе многочисленных данных фактических наблюдений.

Собиратели обычно выполняют плужными канавокопателями. Они имеют следующие размеры поперечного сечения: глубину 0,70—0,80 м, ширину по дну 0,25—0,30 м, заложение откосов 1:1. Длина собирателей изменяется от 500 до 1500 м.

Расположение в плане элементов осушительной сети при осушении пашни на тяжелых почвах разреженной сетью открытых канав в сочетании с агромелиоративными мероприятиями представлено на рисунке 90.

## § 52. Осушение пашни на легких минеральных почвах

Пахотные земли, расположенные на легких почвах, когда верхние водопроницаемые слои почвы с коэффициентом фильтрации не менее  $0,001 \text{ см/сек}$  имеют мощность более  $0,5 \text{ м}$ , осушают методом ускорения внутреннего стока, независимо от того, обусловлено ли избыточное увлажнение атмосферными осадками, выпадающими непосредственно на данную территорию, или напорными грунтовыми водами, поступающими в верхние почвенные слои из более глубоких горизонтов.

Регулирующими элементами открытой осушительной сети при осушении пашни на легких почвах являются открытые каналы-осушители.

При осушении методом ускорения внутреннего стока перед регулирующей частью осушительной системы ставится задача — понизить уровень грунтовых вод (верховодки) до нормы осушения и поддерживать его на этой глубине.

При этом методе осушения уровень грунтовых вод между двумя осушителями устанавливается на некоторой депрессионной поверхности, которая в поперечном сечении дает депрессионную кривую, близкую к параболе. Вершина этой параболы, расположенная на середине осушаемой полосы между соседними осушителями, должна находиться на глубине от поверхности почвы  $H$ , равной принятой расчетной норме осушения (рис. 91).

Как видно из рисунка, одна и та же норма осушения  $H$  может быть достигнута как устройством более глубоких осушителей (глубиной  $T_1$ ), расположенных на расстоянии  $L_1$ , так и более мелких (глубиной  $T_2$ ), расположенных на меньшем расстоянии  $L_2$ .

Следовательно, при осушении легких почв методом ускорения внутреннего стока взаимно связанные основные параметры регулирующей части осушительной системы — глубину осушителей и расстояния между ними — можно выбирать в более

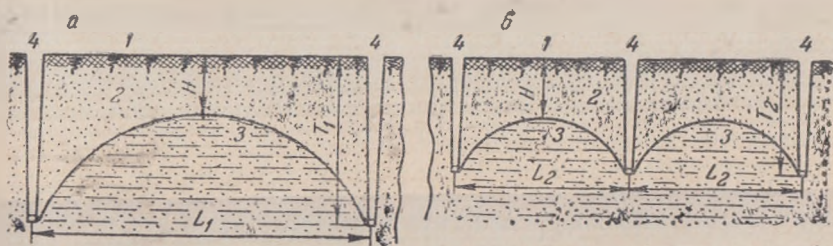


Рис. 91. Депрессионные кривые уровня грунтовых вод при осушении методом ускорения внутреннего стока:

$a$  — при глубоких и редких осушителях;  $b$  — при более мелких и более частых осушителях,  $1$  — поверхность земли;  $2$  — водопроницаемый грунт;  $3$  — уровень грунтовых вод;  $4$  — осушители.

широких пределах, чем при методе осушения ускорением стока по пахотному слою, когда глубина осушителей лимитируется малой мощностью верхнего водопроницаемого слоя почвы.

При устройстве более мелких и более частых осушителей осушение почвы будет более равномерным, так как разница в глубине грунтовых вод в разных точках осушаемого участка ( $T_2 - H$ ) будет меньше, чем при более глубоких и более редких осушителях ( $T_1 - H$ ). Поэтому для более равномерного режима влажности почвы лучше устраивать более частую сеть более мелких осушителей. Но более частая сеть осушителей создает больше препятствий для проведения механизированных сельскохозяйственных работ и требует больше затрат на ее строительство и эксплуатацию.

При осушении методом ускорения внутреннего стока осушители располагают под острым углом к направлению горизонталей местности, то есть приблизительно поперек направления уклона поверхности.

При таком расположении каждый метр осушительного канала осушает большую площадь, чем при расположении их вдоль уклона поверхности, а следовательно, осушители могут быть проложены реже.

Если дно осушителей располагается на водонепроницаемом водоупоре или находится на небольшом расстоянии от него, расстояния между осушителями при осушении легких почв определяют по формуле (II—8), когда коэффициент фильтрации подпахотного слоя приблизительно равен коэффициенту фильтрации пахотного слоя (для песчаных почв), или по формуле (II—9), выведенной для случая движения грунтовых вод в двухслойной среде, когда коэффициент фильтрации подпахотного слоя значительно ниже, чем пахотного (для супесей и легких суглинков):

$$L = 2 \sqrt{\frac{K_1}{P} (2Mh + \frac{K_2}{K_1} h^2)}. \quad (\text{II—9})$$

где  $K_1$  — коэффициент фильтрации подпахотного слоя, м/сутки;  
 $K_2$  — коэффициент фильтрации пахотного слоя, м/сутки;  
 $M$  — глубина углубления осушителя в подпахотный слой, м;  
 $h$  — расстояние от подошвы пахотного слоя до расчетного положения уровня грунтовых вод, м;

$P$  — слой осадков, подлежащий отводу осушительной сетью, м/сутки.

Если водонепроницаемый подстилающий слой залегает значительно глубже дна осушителей, то расстояния между осушителями, полученные по формулам (II—8) и (II—9), умножа-

ют на коэффициент  $\sqrt{B}$ , причем величину  $B$  определяют по эмпирической формуле:

$$B = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{H_1 - T}{H_1} \cdot \frac{r_0}{T}}, \quad (\text{II}-10)$$

где  $H_1$  — полная мощность водопроницаемого слоя, м;

$T$  — глубина осушителей, м;

$r_0$  — радиус дрены, м (при осушении открытыми канавами — половина ширины осушителей по дну, м).

Глубину открытых осушителей при осушении легких минеральных почв методом ускорения внутреннего стока обычно принимают для легких суглинков 1,0 м, для супесей и песков 0,9 м.

В качестве примера в таблице 46 приведены расстояния между открытыми осушителями при осушении пашни на легких минеральных почвах, вычисленные по формулам (II—8) и (II—9), с поправкой по формуле (II—10) при указанных выше глубинах осушителей.

При подсчете расстояний между осушителями по формулам (II—8) и (II—9) величина  $P$  принята равной 0,007 м/сутки и временная критическая норма осушения  $H=0,20$  м, что соответствует периоду работы осушительной сети после выпадения летнего ливня при предварительном переувлажнении пахотного слоя во время длительного периода дождей.

ТАБЛИЦА 46

Расстояния между открытыми осушителями при осушении пашни на легких минеральных почвах

Наименование почв	Коэффициент фильтрации, м/сутки	Расстояния, в м		
		по формулам (II—8) и (II—9)	с поправкой по формуле (II-10)	
			при $H_1=2,0$ м	при $H_1=5,0$ м
Легкие суглинки . . . . .	0,1	4,8	8,5	9,2
Супеси . . . . .	0,5	6,3	11,2	12,4
Пески . . . . .	5,0	33,2	60,1	65,1

Из таблицы видно, что только при осушении песчаных почв расстояния между осушителями, вычисленные по формулам (II—8) и (II—9), можно применять на практике. При осушении же супесчаных почв и легкосуглинистых почв методом регулирования внутреннего стока требуется устройство весьма частой сети открытых канав, которая совершенно недопустима на полях, используемых под высокопроизводительные пропашные культуры, так как она полностью исключает обработку полей в поперечном направлении. Поэтому, как правило, пашню на мине-

ральных избыточно увлажненных почвах следует осушать закрытым дренажем (см. ниже). Открытые осушительные системы здесь можно применять только временно, в тех случаях, когда в ближайшее время не представляется возможным построить закрытый дренаж.

### § 53. Осушение торфяных болот открытыми каналами

Торфяные болота отличаются весьма неоднородным строением торфяной залежи. Слои более плотного торфа с незначительным коэффициентом фильтрации здесь обычно перемежаются с

ТАБЛИЦА 47

Расстояния между открытыми осушителями при осушении торфяных болот, м

Наименование зон, республик и областей	Пашня и искусственные пастбища			Искусственные сенокосы		
	низинное болото	переходное болото	верховое болото	низинное болото	переходное болото	верховое болото

Северная: Архангельская, Вологодская, Мурманская области, Карельская АССР, Коми АССР	30—40	25—30	25—30	30—60	30—50	30—40
Северо-Западная: Калининградская, Ленинградская, Новгородская, Псковская области, Латвийская ССР, Литовская ССР и Эстонская ССР	40—60	30—50	25—40	50—85	40—65	30—50
Северо-Восточная: Кировская, Пермская, Свердловская области, Удмуртская АССР	50—65	30—60	30—50	65—100	50—85	40—60
Центральная и Западная: Брянская, Владимирская, Горьковская, Ивановская, Калининская, Калужская, Костромская, Московская, Рязанская, Смоленская, Тульская области, Марийская АССР, Мордовская АССР, Татарская АССР, Чувашская АССР, Белорусская ССР	60—85	40—65	—	85—110	65—90	—

Примечание. Меньшие расстояния принимают для болот с более разложившимся торфом и при выращивании культур, требующих больших норм осушения.

прослойками и линзами хорошо водопроницаемых торфов. В связи с этим грунтовые воды в толще торфяной залежи, как правило, движутся не сплошным потоком, а по подземной сети мелких и крупных водных жил, мощность и направление которых определяется расположением водопроницаемых прослоек торфа. При таком характере движения грунтовых вод формулы для определения расстояний между осушительными линиями, которые выведены исходя из предположения равномерного движения грунтового потока в однородной среде, дают неточные результаты. Поэтому при осушении торфяных болот открытыми канавами расстояние между осушителями обычно определяют по таблице 47, составленной на основании обработки многочисленного экспериментального материала.

Как видно из таблицы, при использовании осушенных болот под пашню и искусственные пастбища, расстояния между осушителями также в большинстве случаев не превышают 60 м. Следовательно, и здесь открытая осушительная сеть будет препятствовать механизации сельскохозяйственных работ. Поэтому при использовании болот под пашню и под искусственные пастбища их следует осушать подземным дренажем, а осушение открытыми канавами в этом случае можно применять только временно. При использовании же торфяных болот под искусственные луга осушение открытой сетью вполне целесообразно, так как в этом случае поперечная обработка полей не требуется, а расстояния между осушителями на низинных болотах могут быть доведены до 80—100 м.

Исследованиями ряда научных учреждений установлено, что приведенные в таблице 43 нормы осушения для торфяных болот могут быть значительно увеличены, если только осушительная система обеспечивает устойчивое положение уровня грунтовых вод при этой увеличенной норме. В этом случае вся значительная толща торфа над уровнем грунтовых вод хорошо аэрирована, и здесь интенсивно идут процессы нитрификации. Это способствует глубокому проникновению корней сельскохозяйственных культур, которые могут пользоваться запасами влаги (а также и пищи) из мощного слоя почвы, чем обуславливаются их высокие и устойчивые урожаи при стоянии уровня грунтовых вод значительно ниже общепринятых норм осушения.

Таким образом, при осушении торфяных болот целесообразно значительно увеличивать норму осушения (до 150—200 см), если только имеется возможность постоянно поддерживать уровень грунтовых вод на такой глубине.

В большинстве случаев при осушении торфяников, подстилаемых слабоводопроницаемыми грунтами, или при осушении глубоких торфяников, когда дно осушителей не доходит до подстилающего грунта, это последнее условие трудно выполнимо. В этих случаях для поддержания уровня грунтовых вод на зна-

чительной глубине требуется очень дорогая, частая и глубокая сеть осушителей.

В частном же случае, когда торфяное болото с мощностью торфа до 1,5—2 м подстилается хорошо водопроницаемыми песками, задача устойчивого глубокого снижения уровня грунтовых вод легко решается устройством системы редких, глубоких каналов-осушителей, дно которых обязательно врезается в подстилающие торф пески на глубину не менее 0,7—0,8 м. Расстояние между осушителями в этом случае может быть увеличено до 300—600 м при глубине их в среднем 2,5—3,0 м (рис. 92). При устройстве таких каналов уровень грунтовых вод устанавливается не в торфе, а в подстилающем его песчаном слое и избыточные воды из торфяной залежи быстро просачиваются вертикально вниз в этот слой, верхняя часть которого при нормальной работе осушительной сети всегда свободна от гравитационной воды. В горизонтальном же направлении к осушительным каналам грунтовые воды двигаются по хорошо водопроницаемому песчаному слою.

Так же, как и при осушении минеральных водопроницаемых почв, открытые осушители на торфяных болотах располагают поперек уклона поверхности, и только при уклонах поверхности менее 0,0005 осушители целесообразнее располагать вдоль уклона, с тем чтобы они имели продольный уклон не менее 0,0005 без заглубления их в нижней части.

Длину открытых осушителей на болотах не следует проектировать более 500—800 м, и только при значительном продольном уклоне длину их можно увеличить до 1000 м. Осушаемые торфяные болота обычно расположены в долинах рек и ручьев, а также в обширных понижениях. В этих случаях по самым низким точкам понижения прокладывают магистральный канал, а параллельно ему осушители, которые впадают в транспортирующие собиратели, прокладываемые перпендикулярно магистральному каналу на расстоянии 500—800 м друг от друга. По периферии осушаемого болота обычно устраивают систему нагорных канав для ограждения от притока вод со стороны. Типичная схема расположения открытой осушительной сети на торфяном болоте представлена на рисунке 93.

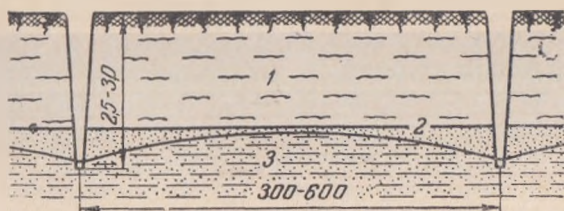


Рис. 92. Схема осушения болот, подстилаемых водопроницаемыми песками, редкими глубокими каналами:

1 — торф; 2 — уровень грунтовых вод; 3 — песок.

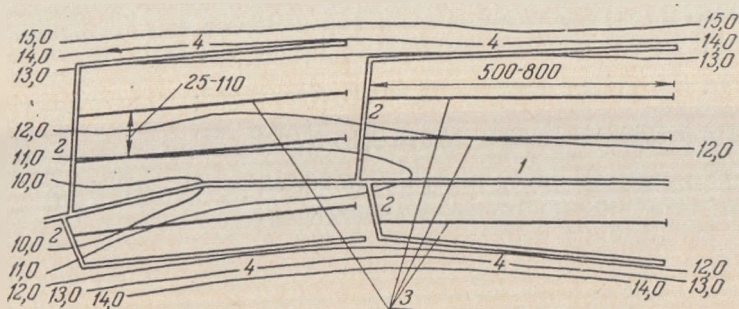


Рис. 93. Схема открытой осушительной сети на торфяном болоте:

1 — магистральный канал; 2 — транспортирующие собиратели; 3 — осушители; 4 — нагорные каналы.

Весьма характерным свойством торфа, которое необходимо учитывать при проектировании и строительстве осушительных систем, является его осадка (уменьшение его мощности) после осушения. Это явление происходит в результате действия двух причин. Во-первых, при удалении из торфа воды, которая на неосушенном болоте занимает от 75 до 90% его объема, уменьшается объем торфа. Эта причина действует в верхнем слое торфа, расположенном выше уровня грунтовых вод. Во-вторых, вследствие значительного увеличения объемного веса верхнего слоя происходит некоторое уплотнение той части торфа, которая лежит ниже уровня грунтовых вод. В неосушенном болоте торф является телом, погруженным в воду, а следовательно, его истинный объемный вес (например, 1,2) уменьшается на единицу и фактически становится равным 0,2. Таким образом, после удаления избыточной воды из верхнего слоя торфа давление, оказываемое им на нижележащие слои, возрастает в шесть раз. Весь процесс осадки торфа продолжается 10 лет и больше, но наиболее значительная осадка происходит в течение 2—3 лет после осушения болота; осадка, продолжающаяся после этого срока, уже не имеет практического значения.

Величина осадки торфа зависит от его плотности, мощности торфяной залежи и глубины прорытых каналов. Она будет неодинакова в различных точках осушаемого болота. Поэтому при определении глубины осушительных каналов и при проектировании расположения осушительной сети на торфяных болотах необходимо учитывать вероятную осадку торфа. В противном случае деформации каналов в результате осадки торфа могут привести осушительную сеть в непригодное для эксплуатации состояние.



Вероятную величину осадки торфа после его осушения определяют по следующим эмпирическим формулам:

$$\text{для низинных болот } h_0 = 0,18 KH^{0,35} t^{0,64}; \quad (\text{II—11})$$

$$\text{для верховых болот } h_0 = 0,16 KH^{0,39} t^{0,63}, \quad (\text{II—12})$$

где  $h_0$  — осадка поверхности болота, м;

$H$  — мощность торфа до осадки, м;

$t$  — глубина канала, м;

$K$  — коэффициент, зависящий от плотности торфа, определяемый по таблице 48.

ТАБЛИЦА 48

Значение коэффициента  $K$  в формулах для определения осадки торфа

Плотность торфа	Коэффициент $K$	Объемный вес сухого торфа, г/см <sup>3</sup>
Плотный . . . . .	1,0	0,15
Менее плотный . . . . .	1,40	0,12—0,15
Довольно рыхлый . . . . .	1,96	0,10—0,12
Рыхлый . . . . .	2,74	0,08—0,10
Почти плавучий . . . . .	3,84	0,06—0,08

Приведенные в таблице 47 расстояния между открытыми осушителями на болотах определены из предположения, что рабочая глубина их (после осадки торфа) будет равна 1,0—1,2 м. Очевидно, что строительная глубина осушителей должна быть увеличена с таким расчетом, чтобы после осадки торфа она соответствовала бы проектной. Эту строительную глубину определяют по формуле:

$$T_{\text{стр}} = \frac{1}{1 - h_1} T_{\text{пр}}, \quad (\text{II—13})$$

где  $T_{\text{стр}}$  — строительная глубина осушителей, м;

$T_{\text{пр}}$  — проектная глубина осушителей, м;

$h_1$  — осадка поверхности болота при мощности торфа, равной проектной глубине осушителей, вычисленная по формулам (II—11) и (II—12).

Пользуясь формулами для определения глубины осадки торфа, можно также вычислить величину осадки дна канала по формуле:

$$h_d = h_{\text{пов}} - \frac{h_1}{1 - h_1} T_{\text{пр}}, \quad (\text{II—14})$$

где  $h_d$  — величина осадки дна канала, м;

$h_{\text{пов}}$  — величина осадки поверхности болота, определенная по формулам (II—11) и (II—12);

$T_{\text{пр}}$  и  $h_1$  — имеют те же значения, что в формуле (II—13).

Ширину по дну открытых осушителей на торфяных болотах принимают равной 0,25—0,30 м, заложение откосов в плотных и малоразложившихся торфах — 1 : 0,5 и в более рыхлых, хорошо разложившихся — 1 : 1.

### § 54. Осушение естественных лугов на тяжелых минеральных почвах

Естественные луга на тяжелых минеральных почвах, имеющие плотную слабоводопроницаемую дернину, являются единственным объектом осушения в сельском хозяйстве, на котором применяют осушение методом ускорения поверхностного стока. При этом регулирующими элементами осушительной сети являются открытые каналы, называемые в этом случае собирателями, или переходимые ложбины.

Задача регулирующей части осушительной системы в этом случае заключается в возможно быстром перехвате стекающей по поверхности воды и отводе ее в проводящую часть системы. Для этого регулирующие элементы осушительной сети — собиратели и переходимые ложбины — располагают поперек естественного уклона поверхности (под острым углом к горизонталям), но с уклоном, не меньшим 0,0005.

Расстояния между собирателями или переходимыми ложбинами при осушении естественных лугов на тяжелых почвах определяют исходя из требования, чтобы поверхностные воды, скопившиеся на поверхности при выпадении обильных осадков, были удалены с осушаемой территории за 1—1,5 суток — срок, в течение которого травостой естественных лугов выдерживает затопление в летний период без всякого снижения урожая. Эти расстояния приведены в таблице 49, составленной на основе обобщения опыта осушения естественных лугов на минеральных почвах.

ТАБЛИЦА 49

Расстояния между собирателями при осушении естественных лугов на минеральных землях, м

Наименование зон	Уклон поверхности			
	< 0,0005	0,0005—0,002	0,002—0,01	> 0,01
Северная . . . . .	60—80	80—120	120—150	150—250
Северо-Западная . . . . .	80—100	100—150	150—200	200—300
Северо-Восточная . . . . .	100—150	150—200	200—250	250—350
Центральная и Западная	120—180	180—250	250—300	300—400

Примечания: 1. Распределение республик и областей по зонам см. в таблице 47.

2. Меньшие расстояния принимают при меньшем уклоне в пределах, указанных в соответствующей графе.

Вероятную величину осадки торфа после его осушения определяют по следующим эмпирическим формулам:

$$\text{для низинных болот } h_0 = 0,18 KH^{0,35} t^{0,64}; \quad (\text{II—11})$$

$$\text{для верховых болот } h_0 = 0,16 KH^{0,39} t^{0,63}, \quad (\text{II—12})$$

где  $h_0$  — осадка поверхности болота, м;

$H$  — мощность торфа до осадки, м;

$t$  — глубина канала, м;

$K$  — коэффициент, зависящий от плотности торфа, определяемый по таблице 48.

ТАБЛИЦА 48

Значение коэффициента  $K$  в формулах для определения осадки торфа

Плотность торфа	Коэффициент $K$	Объемный вес сухого торфа, г/см <sup>3</sup>
Плотный . . . . .	1,0	0,15
Менее плотный . . . . .	1,40	0,12—0,15
Довольно рыхлый . . . . .	1,96	0,10—0,12
Рыхлый . . . . .	2,74	0,08—0,10
Почти плавучий . . . . .	3,84	0,06—0,08

Приведенные в таблице 47 расстояния между открытыми осушителями на болотах определены из предположения, что рабочая глубина их (после осадки торфа) будет равна 1,0—1,2 м. Очевидно, что строительная глубина осушителей должна быть увеличена с таким расчетом, чтобы после осадки торфа она соответствовала бы проектной. Эту строительную глубину определяют по формуле:

$$T_{\text{стр}} = \frac{1}{1 - h_1} T_{\text{пр}}, \quad (\text{II—13})$$

где  $T_{\text{стр}}$  — строительная глубина осушителей, м;

$T_{\text{пр}}$  — проектная глубина осушителей, м;

$h_1$  — осадка поверхности болота при мощности торфа, равной проектной глубине осушителей, вычисленная по формулам (II—11) и (II—12).

Пользуясь формулами для определения глубины осадки торфа, можно также вычислить величину осадки дна канала по формуле:

$$h_d = h_{\text{пов}} - \frac{h_1}{1 - h_1} T_{\text{пр}}, \quad (\text{II—14})$$

где  $h_d$  — величина осадки дна канала, м;

$h_{\text{пов}}$  — величина осадки поверхности болота, определенная по формулам (II—11) и (II—12);

$T_{\text{пр}}$  и  $h_1$  — имеют те же значения, что в формуле (II—13).

Ширину по дну открытых осушителей на торфяных болотах принимают равной 0,25—0,30 м, заложение откосов в плотных и малоразложившихся торфах — 1 : 0, 5 и в более рыхлых, хорошо разложившихся — 1 : 1.

### § 54. Осушение естественных лугов на тяжелых минеральных почвах

Естественные луга на тяжелых минеральных почвах, имеющие плотную слабоводопроницаемую дернину, являются единственным объектом осушения в сельском хозяйстве, на котором применяют осушение методом ускорения поверхностного стока. При этом регулирующими элементами осушительной сети являются открытые каналы, называемые в этом случае собирателями, или переходимые ложбины.

Задача регулирующей части осушительной системы в этом случае заключается в возможно быстром перехвате стекающей по поверхности воды и отводе ее в проводящую часть системы. Для этого регулирующие элементы осушительной сети — собиратели и переходимые ложбины — располагают поперек естественного уклона поверхности (под острым углом к горизонталям), но с уклоном, не меньшим 0,0005.

Расстояния между собирателями или переходимыми ложбинами при осушении естественных лугов на тяжелых почвах определяют исходя из требования, чтобы поверхностные воды, скопившиеся на поверхности при выпадении обильных осадков, были удалены с осушаемой территории за 1—1,5 суток — срок, в течение которого травостой естественных лугов выдерживает затопление в летний период без всякого снижения урожая. Эти расстояния приведены в таблице 49, составленной на основе обобщения опыта осушения естественных лугов на минеральных почвах.

ТАБЛИЦА 49

Расстояния между собирателями при осушении естественных лугов на минеральных землях, м

Наименование зон	Уклон поверхности			
	<0,0005	0,0005—0,002	0,002—0,01	>0,01
Северная . . . . .	60—80	80—120	120—150	150—250
Северо-Западная . . . . .	80—100	100—150	150—200	200—300
Северо-Восточная . . . . .	100—150	150—200	200—250	250—350
Центральная и Западная	120—180	180—250	250—300	300—400

Примечания: 1. Распределение республик и областей по зонам см. в таблице 47.

2. Меньшие расстояния принимают при меньшем уклоне в пределах, указанных в соответствующей графе.

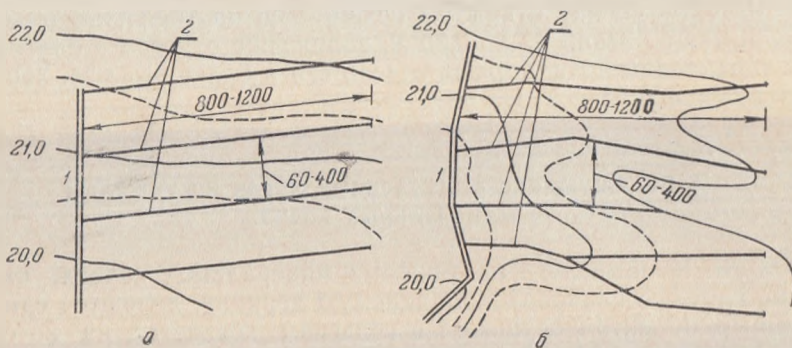


Рис. 94. Схема осушения естественных лугов на тяжелых минеральных почвах:

*а* — при спокойном рельефе; *б* — при слабо пересеченном рельефе; 1 — транспортирующий собиратель; 2 — собиратели.

При наличии на осушаемом естественном лугу достаточно ясно выраженных местных понижений (западин и тальвегов) собиратели и переходимые борозды в первую очередь прокладывают по этим понижениям по возможности параллельно друг другу, приблизительно соблюдая расстояния, приведенные в таблице 49.

Длину собирателей при осушении естественных лугов проектируют от 800 до 1200 м, переходимых ложбин — до 400—500 м, глубину собирателей — 0,7—0,8 м, переходимых ложбин — 0,4—0,5 м, ширину по дну собирателей — 0,25—0,30 м, заложение откосов собирателей на тяжелых почвах — 1 : 1, переходимых ложбин — 1 : 5.

Схемы расположения осушительной сети при осушении естественных лугов на тяжелых минеральных почвах представлены на рисунке 94.

Естественные луга, образовавшиеся на легких минеральных почвах (песчаных, супесчаных и легкосуглинистых), при питании их только атмосферными осадками осушения не требуют.

## § 55. Осушение тяжелых минеральных почв на Дальнем Востоке

Минеральные избыточно увлажненные земли Дальнего Востока отличаются специфическими природными особенностями: весьма тяжелым механическим составом и практической водонепроницаемостью почвообразующих пород, большим количеством осадков, выпадающих в июле — августе, во время муссонных летних дождей (70—80% годовой нормы), глубоким промерзанием почвы до 3 м.

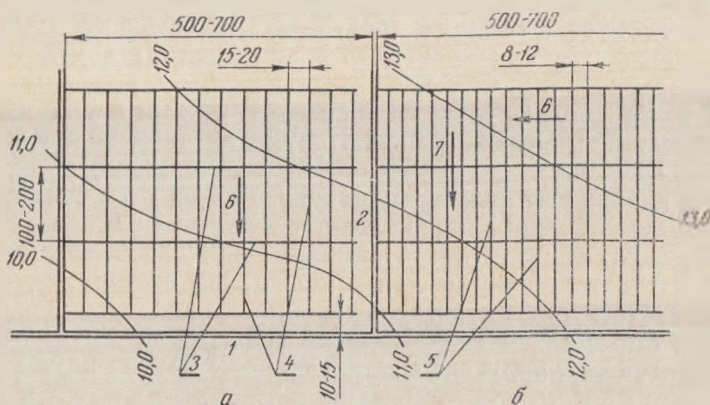


Рис. 95. Схема расположения осушительной сети при осушении тяжелых минеральных почв на Дальнем Востоке:

*а* — под зерновые культуры; *б* — под пропашные и овощные культуры; 1 — магистральный канал; 2 — транспортирующие собиратели; 3 — транспортирующие ложбины; 4 — разъемные борозды; 5 — борозды, нарезаемые при последней культивации; 6 — направление вспашки; 7 — направление обработки сельскохозяйственных культур.

Осушенные минеральные земли используют здесь преимущественно под зерновые культуры, под сою, кукурузу на силос и в гораздо меньшей мере под картофель, овощи и другие пропашные культуры.

Основная задача осушения заключается здесь в быстром сбросе большого объема летних осадков поверхностным стоком, который имеется здесь на пахотных землях в течение всего периода дождей, с тем, чтобы предохранить сельскохозяйственные культуры от длительного затопления и обеспечить возможность их уборки в осенние месяцы.

С помощью обычных осушительных каналов и борозд, имеющих недостаточную пропускную способность, разрешить эту задачу невозможно, а поэтому здесь в качестве основной постоянной осушительной сети проектируют транспортирующие переходимые ложбины глубиной 0,4—0,5 м с заложением откосов 1 : 8.

Эти ложбины располагают поперек уклона местности под острым углом к горизонталям поверхности на расстоянии 100—200 м друг от друга. Длину ложбин, в зависимости от уклона поверхности, принимают от 500 до 700 м (рис. 95).

Минимальный уклон транспортирующих ложбин допускается до 0,0008—0,001.

Грунт из транспортирующих ложбин используют для грубой планировки поверхности (засыпка отдельных понижений), а оставшийся грунт разравнивают слоем 5—10 см.

Регулирующей частью осушительной системы и в данном случае являются разъемные, межрядовые и межребневые

борозды, образующиеся в результате проведения обработок сельскохозяйственных культур и специальных агрономических мероприятий.

Под зерновые культуры проводят узкозагонную вспашку вдоль склона (поперек транспортирующих ложбин при ширине загонов 15—20 м).

Под пропашные культуры (кукуруза на силос и соя) при последней культивации в направлении вдоль склона и поперек ложбин нарезают борозды на расстоянии 8—12 м, для чего в навесном культиваторе одну из лап заменяют орудием.

Овощные культуры возделывают на грядах шириной 1,4 м, которые также располагают поперек транспортирующих ложбин. Элементами регулирующей сети в данном случае служат междурядные борозды.

### ЗАКРЫТАЯ РЕГУЛИРУЮЩАЯ СЕТЬ

#### § 56. Осушение закрытым дренажем минеральных избыточно увлажненных земель

Закрытый дренаж является дорогим способом осушения, поэтому его обычно применяют только при использовании осушаемой территории под высокоинтенсивные сельскохозяйственные культуры: овощи, картофель, сахарную свеклу, высокий доход от которых обеспечит быструю окупаемость сделанных капиталовложений.

Из всех перечисленных выше видов закрытого дренажа на минеральных почвах широко применяют гончарный дренаж, так как все виды деревянного дренажа быстро гнивают в условиях переменного увлажнения в минеральных почвах, а каменный дренаж трудоемок, дорог и ненадежен в работе.

В зависимости от местных природных условий применяют три вида гончарного дренажа на минеральных почвах: систематический (частый), разреженный в сочетании с кротовым дренажем или кротованием и выборочный.

Систематический (частый) гончарный дренаж устраивают преимущественно на достаточно водопроницаемых минеральных почвах при коэффициенте фильтрации подпахотных слоев более 0,001 см/сек.

Осушительная сеть при осушении систематическим закрытым дренажем состоит из дренажей, впадающих в закрытые коллекторы, которые сами впадают в открытые коллекторы, отводящие дренажные воды в открытые каналы проводящей сети (транспортирующие собиратели и магистральные каналы), а иногда непосредственно в водоприемник.

При уклоне поверхности менее 0,002 дрена располагают вдоль уклона поверхности (продольный дренаж), а при больших уклонах — под некоторым углом к горизонталям местности с таким расчетом, чтобы уклон вдоль линий дрена был не менее 0,002 (поперечный дренаж) (рис. 96).

В отношении осушающего действия дренажа поперечное расположение дрена всегда предпочтительнее, но при малых уклонах поверхности в этом случае необходимо излишнее заглубление нижних участков дрена для того, чтобы придать им необходимый минимальный уклон, а это приводит к удорожанию строительства дренажных систем.

Определение расстояний между дренами является очень важным вопросом при проектировании дренажа, так как, с одной стороны, правильно установленное расстояние обеспечивает нормальную работу дренажа и, с другой стороны, расстояние между дренами является одним из самых важных факторов, определяющих стоимость устройства дренажа.

Расстояние между дренами на легких водопроницаемых почвах можно определять по формулам (II—8) и (II—9), вводя при необходимости (при залегании дрена выше водоупора) поправки по формуле (II—10). При определении по формулам (II—8) и (II—9) расстояний между дренами заданную величину слоя отводимых осадков  $P$  следует принимать большую, чем для тех же условий при определении расстояний между открытыми осушителями, так как в последнем случае часть атмосферных осадков будет поступать в осушительную сеть по поверхности, а при осушении закрытым дренажем все избыточные воды должны отводиться только внутренним стоком.

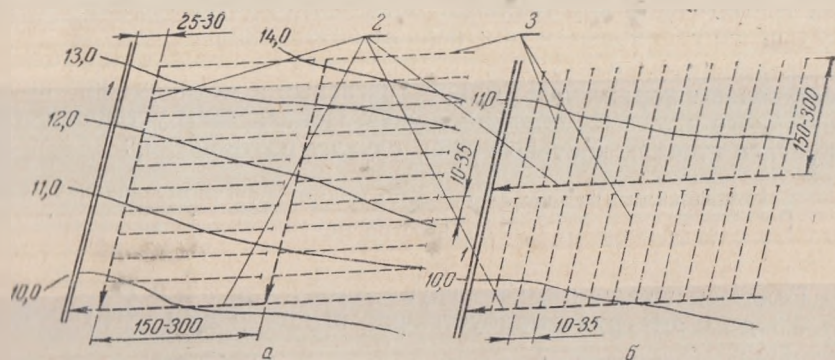


Рис. 96. Схема расположения систематического дренажа на минеральных почвах:

а — поперечный дренаж; б — продольный дренаж; 1 — открытые коллекторы; 2 — закрытые коллекторы; 3 — дренаи.



На тяжелых слабоводопроницаемых минеральных почвах при устройстве систематического дренажа потребовалась бы очень частая сеть дрен, которая чрезвычайно увеличивает стоимость строительства дренажа. Поэтому на этих почвах целесообразно проектировать разреженный гончарный дренаж в сочетании с кротовым дренажем или агромелиоративными мероприятиями, направленными на ускорение стока по пахотному слою (кротованием и рыхлением подпахотного слоя). При этом способе осушения разреженные дрены являются по существу уже элементами проводящей части осушительной системы, роль же регулирующей части выполняют кротовый дренаж и агромелиоративные мероприятия.

Многочисленными исследованиями установлено, что на тяжелых почвах движение гравитационной воды происходит только в верхнем пахотном слое, в подпахотных же слоях гравитационная вода практически не передвигается. Следовательно, при дренировании тяжелых почв избыточная гравитационная вода будет двигаться к разреженным дренам по кротовым дренам, кротовинам и непосредственно по пахотному слою и поступать в дрены через засыпку дренажных траншей, поэтому при дренировании тяжелых почв необходимо, чтобы эта засыпка имела повышенную водопроницаемость.

Кротовый дренаж на минеральных избыточно увлажненных землях применяют лишь в тех почвах, в которых кротовины будут устойчивы.

По устойчивости в стенках кротовых дрен все почвогрунты подразделяются на три группы: устойчивые, в которых кротовые дрены сохраняются более трех лет, малоустойчивые, в которых кротовые дрены начинают разрушаться уже в первый год после закладки, но окончательно прекращают работу на второй или третий год, и неустойчивые, в которых кротовые дрены полностью закупориваются при первом затоплении.

Для определения устойчивости грунта в стенках кротовых дрен делают параллельно микроагрегатный и механический анализ одного и того же образца грунта. Показателем устойчивости грунта в стенках кротовых дрен служит соотношение:

$$\rho = \frac{\% \text{ фракций от } 0,05 \text{ до } 0,005 \text{ по микроагрегатному анализу}}{\% \text{ фракций от } 0,05 \text{ до } 0,005 \text{ по механическому анализу}}$$

Если отношение  $\rho < 0,3$  — грунт устойчив, если  $\rho$  изменяется от 0,3 до 0,7 — грунт малоустойчив и при  $\rho > 0,7$  — грунт неустойчив.

В устойчивых грунтах кротовый дренаж проектируют без ограничений при условии обязательного возобновления его через каждые 3—5 лет; в малоустойчивых грунтах, где кротовые дрены должны восстанавливаться через каждые 2—3 года, кротовый

дренаж целесообразнее заменять кротованием; в неустойчивых грунтах ни кротовый дренаж, ни кротование не проектируют.

Для увеличения пропускной способности кротовых дрен и кротовин их всегда располагают в направлении наибольшего уклона местности. Поэтому разреженные дрены, принимающие воду из кротовых дрен и кротовин, обязательно располагают поперек уклона местности (под острым углом к горизонталям поверхности) (рис. 97).

Расстояния между разреженными дренами на тяжелых минеральных почвах определяют по таблице 50, составленной на основании опытных данных.

ТАБЛИЦА 50

Расстояния между дренами при осушении тяжелых почв разреженным дренажем в сочетании с кротовым дренажем и кротованием, м

Наименование почвогрунтов	Уклон поверхности		
	<0,002	0,002—0,001	>0,01
Глины и тяжелые суглинки ( $K < 0,001$ см/сек), кротовины устойчивы . . . . .	20	25	30
То же, кротовины неустойчивы . . . . .	18	22	25
Структурные карбонатные глины и суглинки ( $K > 0,001$ см/сек) . . . . .	25	28	30
Двучленные наносы с мощностью верхнего водопроницаемого слоя до 0,4 м. Кротовины в подстилающих глинах и суглинках устойчивы . . . . .	30	35	40

Примечание. В таблице даны расстояния при использовании осушаемых земель под овощные и пропашные культуры и пастбища; для зерновых культур и искусственных лугов приведенные расстояния могут быть увеличены на 15—20%.

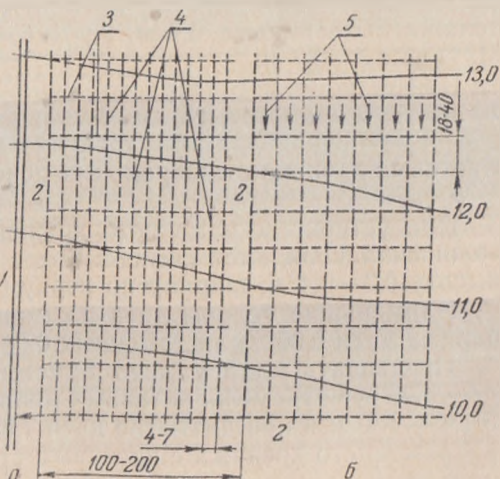


Рис. 97. Схема расположения разреженного дренажа на тяжелых минеральных почвах:

а — в сочетании с кротовым дренажем; б — в сочетании с кротованием; 1 — открытый коллектор; 2 — закрытые коллекторы; 3 — разреженные дрены; 4 — кротовые дрены; направление узкозагонной вспашки с кротованием.

При устройстве на тяжелых минеральных почвах кротового дренажа расстояния между кротовыми дренами принимают: для овощных и пропашных культур 4—6 м, а для зерновых культур и искусственных лугов 5—7 м, расстояния между кротовинами — 1,0—1,4 м.

Для осушения минеральных избыточно увлажненных земель с выраженным рельефом, когда избыточное увлажнение имеет место только в понижениях, применяют осушение выборочным закрытым дренажем. При этом способе осушения отдельные системы закрытого дренажа устраивают только в понижениях с выпуском закрытых коллекторов в ближайший открытый канал проводящей сети.

Глубины дрен систематического разреженного и выборочного дренажа на минеральных почвах приведены в таблице 51.

ТАБЛИЦА 51  
Глубина закладки дрен, м

Наименование почв	Овощные и пропашные культуры	Зерновые культуры и искусственные луга
Глины и тяжелые суглинки	0,8—0,9	0,8—0,9
Средние суглинки	0,8—1,0	0,8—1,0
Легкие »	0,9—1,2	0,8—1,0
Супеси	0,9—1,1	0,8—1,0
Пески	0,8—1,0	0,8—1,0

На тяжелых почвах нецелесообразно значительно заглублять дрена в водонепроницаемые подпахотные слои.

При закладке дренажа на участках с развитым микрорельефом минимальная глубина дрен в отдельных понижениях не должна быть меньше 0,7 м. Кротовые дренажи закладывают на глубине 0,5—0,7 м.

При устройстве гончарного дренажа дренажи обычно устраивают из труб диаметром 5 см. В сильнопылеватых песчаных и супесчаных почвах диаметр дрен иногда увеличивают до 7,5 см. Кротовые дренажи на минеральных почвах устраивают диаметром 6—8 см.

При устройстве каменного дренажа сечение нижней части траншеи, заполняемой камнем, имеет ширину по дну 0,2—0,25 м, высоту 0,3—0,4 м, ширину по верху 0,4—0,5 м.

Наименьшие уклоны дрен на минеральных почвах: для гончарных дрен 0,002, для каменных 0,005, для кротовых 0,002.

Предельную длину дрен принимают при систематическом дренаже без агромелиоративных мероприятий при диаметре дрен 5 см — 150 м и при диаметре дрен 7,5 см — 300 м, при сочетании разреженного дренажа с кротовым дренажем и агромелиоративными мероприятиями соответственно 100 и 200 м.

## § 57. Осушение торфяных болот закрытым дренажем

В отличие от дренажа на минеральных почвах на торфяных почвах чаще применяют древесные виды закрытого дренажа: дощатый, желобковый, фашинный, жердяной.

Гончарный дренаж на торфяных болотах устраивают только в том случае, если трубы укладывают на минеральное дно болота или (на глубоких болотах) на специальные подкладки (стеллажи) из низкосортного пиломатериала. При укладке гончарных дренажных труб прямо в торф, даже предварительно подсушенный, возможно расстройство дренажных линий в результате неравномерной осадки торфа.

Дощатые, желобковые, фашинные и жердяные дрены не разрушаются при осадке торфа и в условиях постоянной высокой влажности на глубине закладки дрен долго не гнивают.

Как и на минеральных почвах, при осушении торфяных болот следует стремиться располагать дрены под острым углом к направлению горизонталей поверхности, то есть устраивать поперечный дренаж, с таким условием, чтобы дрены имели естественный продольный уклон не менее 0,002. Но вследствие незначительных уклонов поверхности торфяных болот выполнить это требование во многих случаях не удастся, и приходится устраивать продольный дренаж, причем часто с искусственным уклоном дна дрен.

Вследствие незначительных уклонов поверхности торфяных болот здесь не представляется возможным также проектировать крупные системы закрытого дренажа с длинными закрытыми коллекторами, которые при требуемом значительном уклоне (не менее 0,0015) будут иметь большую глубину в нижней части.

Большая глубина закрытых коллекторов повлечет за собой необходимость углубления всей открытой проводящей сети, а в некоторых случаях и водоприемника. Поэтому на торфяных болотах обычно проектируют небольшие системы дренажа с короткими закрытыми коллекторами, которые впадают в открытые коллекторы, расположенные на расстоянии 200—300 м друг от друга (рис. 98).

Так как строение торфяной залежи неравномерно, расстояния между дренами на торфяных болотах целесообразнее определять по таблицам, составленным на основании опытных данных, чем по теоретическим формулам (табл. 52).

Глубину дрен (после осадки торфа) принимают: на глубоких торфяниках и на мелких болотах, подстилаемых водопроницаемыми грунтами, 1,0—1,2 м, на мелких торфяниках, подстилаемых слабоводопроницаемыми грунтами, 0,9—1,0 м. Чтобы избежать нарушения дренажных линий в результате осадки торфа, закрытый дренаж на болотах устраивают после того, как произойдет основная осадка торфа — через 1—2 года после прорытия сети

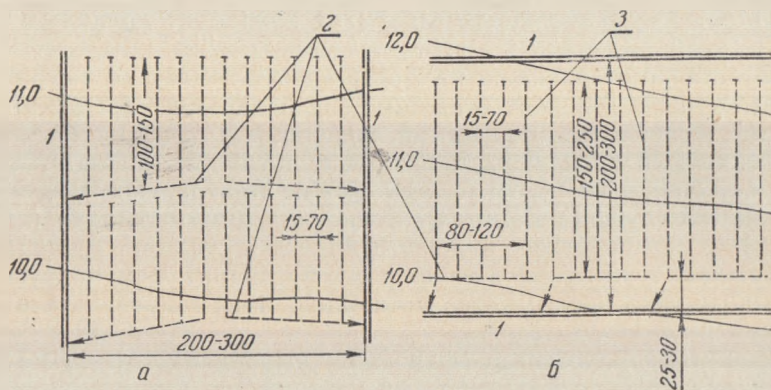


Рис. 98. Схема расположения дренажа на болоте:

*a* — при продольном расположении открытых коллекторов ( $l < 0,005$ ); *б* — при поперечном расположении открытых коллекторов ( $l > 0,005$ ); 1 — открытые коллекторы; 2 — закрытые коллекторы; 3 — дрены.

ТАБЛИЦА 52

Расстояния между траншейными дренами на торфяных болотах, м

Наименование зон	Пашня и искусственные пастбища			Искусственные сенокосы		
	низинное болото	переходное болото	верховое болото	низинное болото	переходное болото	верховое болото
Северная . . . . .	20—25	15—20	15—20	20—35	20—30	20—25
Северо-Западная . . . .	25—35	20—30	15—25	30—50	25—40	20—30
Северо-Восточная . . . .	30—40	20—35	20—30	40—60	30—50	25—35
Центральная . . . . .	35—50	25—40	—	50—70	40—55	—

Примечания. 1. Распределение республик и областей по зонам см. в таблице 47.2. Меньшие расстояния принимают для болот с более разложившимся торфом.

открытых коллекторов, а на более обводненных болотах дополнительных пионерных траншей по линиям некоторых дренажей. Строительную глубину дренажей в этом случае определяют по формуле (II—13), причем коэффициент  $K$  при определении величины осадки торфа  $h_1$  принимают равным 1,0.

Поперечные сечения дренажей, устраиваемые на торфяных болотах, имеют следующие размеры: гончарные — внутренний диаметр 5 см, дощатые — прямоугольное сечение 7,5×7,5 см, желобковые — внутренний диаметр 6—8 см, фашины — диаметр 20—30 см, нижняя часть траншей жердяных дренажей, в которую укладываются жерди, имеет ширину по дну 20—30 см, высоту 25—30 см, ширину по верху 35—50 см.

Предельные минимальные уклоны дрен на торфяных почвах допускаются: для гончарных, дощатых и желобковых 0,002, жердьяных и фашинных 0,004. Предельная длина дрен на торфяных болотах: гончарных, дощатых и желобковых при уклоне до 0,005—200 м, при уклоне более 0,005—250 м, фашинных и жердьяных соответственно 100 и 150 м.

Осушение торфяных болот траншейным дренажем вследствие большой частоты дрен оказывается дорогим и трудоемким. В то же время в большинстве торфяников достаточно устойчивы кротовые дрены, устройство которых значительно дешевле. Поэтому во всех тех случаях, когда прокладка кротовых дрен технически возможна (на беспнистых или малопнистых торфяных залежах) и когда кротовые дрены устойчивы (на достаточно связанном торфе), на торфяных болотах следует проектировать осушение кротовым дренажем.

В отличие от кротового дренажа на минеральных почвах, на торфяниках кротовые дрены обычно впадают не в закрытые дрены, а в открытые собиратели, причем кротовые дрены прокладывают всегда по наибольшему уклону местности, а открытые собиратели — под острым углом к горизонталям поверхности.

Выработанные практикой осушения расстояния между кротовыми дренами на торфяных болотах приведены в таблице 53.

ТАБЛИЦА 53

Расстояния между кротовыми дренами при осушении болот, м

Наименование зон	Пашня и искусственные пастбища			Искусственные сенокосы		
	низинное болото	переходное болото	верховое болото	низинное болото	переходное болото	верховое болото
Северная . . . . .	5—6	4—5	3—5	6—8	4—6	3—5
Северо-Западная . . . .	6—8	5—6	3—5	8—10	6—8	3—5
Северо-Восточная . . .	8—10	6—8	4—6	10—12	8—10	4—6
Центральная . . . . .	10—12	8—10	—	12—15	10—12	—

Примечания. 1. Распределение республик и областей по зонам см. в таблице 47 2. Меньшие расстояния между дренами принимаются для болот с хорошо разложившимся торфом.

Расстояния между открытыми собирателями, принимающими кротовые дрены, зависят от предельной длины их, которая, в свою очередь, зависит от уклона поверхности болота. При уклоне поверхности менее 0,0003 расстояния между открытыми собирателями, принимающими кротовые дрены, не должны превышать 120—150 м, при уклоне поверхности от 0,0003 до 0,005 — 150—200 м и при уклоне поверхности более 0,005 не должны быть

больше 200—250 м. Кротовые дрены на болоте закладывают на глубине 0,7—1,0 м.

Учитывая большую упругость большинства торфов, вследствие которой сечение проложенной в них кротовой дрены сильно уменьшается сразу после прохода дренера, кротовые дрены на болотах прокладывают с уширителями диаметром 15—20 см в средне разложившихся торфах и диаметром 20—25 см в слабо разложившихся.

Продольный уклон кротовых дрен на болотах, как правило, должен быть не меньше 0,003.

## § 58. Новые виды дренажа

Основные материалы, применяемые в настоящее время для строительства систем закрытого дренажа, — гончарные трубы, дрены, жерди, фашины — являются неудовлетворительными. Гончарные трубы дороги и трудосмки в изготовлении; для их производства необходимо строить довольно сложные керамические заводы, причем в процессе изготовления труб затрачивается большое количество топлива (каменного угля) для обжига. Они тяжелы (каждый погонный метр гончарной дрены диаметром 5 см весит около 4 кг), вследствие чего высоки расходы на доставку труб с заводов до места потребления; при этом при неоднократных перегрузках во время транспортировки значительны потери на бой. Серьезным недостатком гончарных труб является также и то, что их практически возможно укладывать только вручную.

Главным недостатком всех деревянных материалов для устройства закрытого дренажа является их недолговечность в условиях достаточно хорошей аэрации в осушенной почве и перемного режима увлажнения. Доски же, кроме того, являются ценным строительным материалом, использование которого для всякого рода подземных устройств, подверженных быстрому гниению, нецелесообразно.

Поэтому и в СССР, и за рубежом многие мелноративные научно-исследовательские учреждения заняты изысканием новых материалов для изготовления дренажных труб, которые были бы прочны, достаточно дешевы, легки и транспортабельны, а главное, которые можно было бы укладывать механизированным способом.

Всем этим требованиям удовлетворяют всякого рода пластиковые материалы, которые несомненно в недалеком будущем явятся основными материалами для закладки закрытого сельскохозяйственного дренажа.

Наиболее перспективным являются следующие варианты изготовления дренажных труб из пластиковых материалов: готовые перфорированные трубы из полиэтилена, готовые гофриро-

ванные перфорированные трубы из полистирола, трубы из виниловой пленки разной толщины, изготавливаемые на месте.

Перфорированные полиэтиленовые цельные трубы, длина которых равна длине дрены, являются наилучшими для закладки дренажа. Но полиэтилен является самым дорогим из пластических материалов, а поэтому широкое применение этих труб станет возможно лишь в будущем, когда цены на полиэтилен будут снижены.

Взамен полиэтиленовых труб для устройства дренажа в некоторых зарубежных странах с успехом применяют более дешевые тонкостенные полистироловые цельные трубы с толщиной стенки 0,6—0,9 мм, гофрированные в поперечном направлении для придания им механической прочности и перфорированные тремя продольными прорезями по выступам гофрировки.

Значительно более дешевым и доступным пластическим материалом является виниловая пленка толщиной от 0,4 до 0,7 мм, из которой дренажные трубы можно изготавливать заблаговременно на месте работ или непосредственно в процессе укладки.

Очень важным преимуществом применения для закрытого дренажа пластических материалов является возможность полной механизации работ по закладке дренажа, причем на легких почвах, где нет необходимости создания над дренами засыпки повышенной водопроницаемости, дренаж из пластических материалов возможно закладывать без устройства дренажных траншей.

Впредь до перехода на изготовление дренажных труб из пластических материалов большое значение имеет модернизация широко применяемых в настоящее время гончарных труб с тем, чтобы их можно было бы укладывать механизированным путем. Одним из видов таких модернизированных гончарных труб являются трубы с фасками, пробные партии которых уже выпущены промышленностью. В отличие от обычных гончарных труб, в которых торцовый обрез сделан под прямым углом к оси трубы, торцовые обрезы этих труб сделаны конические с углом наклона образующей конуса к оси трубы  $50^\circ$ , причем на одном конце каждой трубки фаска снята снаружи, а на другом — внутри трубки. При укладке трубок с фасками заостренный конический обрез одной трубки входит в коническое углубление в обресе другой, и уложенные таким образом трубки не могут смещаться в сторону от оси дрены. Это последнее свойство и дает возможность механизировать укладку таких труб через спускные устройства дренажных машин без опасения, что уложенные трубы будут смещены от оси дрены.

К числу новых видов сельскохозяйственного дренажа следует отнести также широко распространенный в Англии комбинированный дренаж, сходный с рассмотренным выше разреженным дренажем в сочетании с кротовым дренажем. Комбинированный



дренаж, применяемый при осушении тяжелых минеральных почв, состоит из сравнительно редкой сети гончарных дрен, заложенных на расстоянии 20—60 м друг от друга на глубине 0,8—0,9 м, и пересекающих их приблизительно под прямым углом кротовых дрен, проложенных на расстоянии 2,7—4,5 м друг от друга на глубине 0,5—0,6 м.

В отличие от разреженного дренажа, применяемого в СССР, в Англии траншеи гончарных дрен комбинированного дренажа засыпают хорошо водопроницаемым материалом, гравием, шлаком с расчетом на поступление в дрены поверхностных вод по всей длине дрены. В условиях СССР в сельском хозяйстве дренаж со сплошной засыпкой из хорошо фильтрующих материалов не применяют. В случае необходимости поверхностные воды отводят в дренажные системы через поглотители, устраиваемые в местах возможного скопления воды (см. ниже).

### § 59. Строительство открытой и закрытой регулирующей сети

Постоянные открытые осушительные каналы регулирующей сети (осушители или собиратели) глубиной до 0,8 м прорывают плужными канавокопателями марки ЛКА-2 (рис. 99) или КМ-1400 на тяге двух или трех тракторов С-100 или С-100Б. На легких грунтах каналы выполняют за один проход на тяге двух тракторов, а при наличии валунов или остатков древесной растительности — за два прохода канавокопателя. На тяжелых поч-

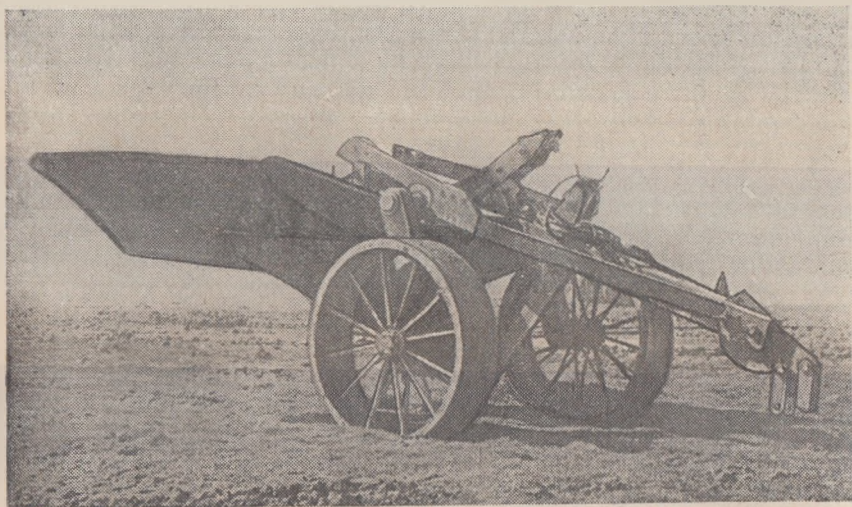


Рис. 99. Канавокопатель ЛКА-2.



Рис. 100. Траншейный экскаватор ЭТН-171.

вах или при работе в переувлажненных грунтах каналы прокладывают канавокопателем за один проход на тяге трех тракторов.

Вынутый из канавы грунт разравнивают грейдером Д-20Б или бульдозером на тракторе ДТ-54 или ДТ-55.

После устройства канала и разравнивания грунта тракторным скребком выполняют доделочные работы по очистке от осыпавшейся земли сопряжения построенного канала с принимающим. Тракторным скребком устраивают водосбросные воронки.

Гончарный дренаж на минеральных землях закладывают с помощью траншейных экскаваторов марки ЭТН-142 или ЭТН-171 (рис. 100). Эти экскаваторы прокладывают дренажные траншеи с автоматическим соблюдением заданного уклона дна. Для этого перед началом работы по трассе дрены на специальных штативах, устанавливаемых на расстоянии 10 м друг от друга, на высоте около 1,5 м от поверхности земли, под углом к горизонту, равным проектному уклону дрены, натягивают стальной трос. Во время рытья траншеи по этому тросу скользит стрела установленного на экскаваторе прибора, который регулирует глубину копания ковшовой цепи и обеспечивает положение линии дна траншеи строго параллельно натянутому тросу.

Дренажные трубы укладывают вручную в вырытую траншею непосредственно вслед за проходом экскаватора и стыки между трубками обкладывают мхом. Затем уложенные трубки присыпают вручную гумусированным грунтом, срезаемым с верхней части откоса траншеи, на высоту 10—15 см над верхом трубки. После ручной присыпки уложенные дрены оставляют на некоторое время до окончательной механизированной засыпки дренажных траншей.

На легких почвах дренажные траншеи засыпают вынудой из них землей с помощью универсальных бульдозеров. На тяжелых почвах, для того чтобы придать дренажной засыпке повышенную водопроницаемость, траншеи после укладки дренажа на 50—60% засыпают гумусовым грунтом, срезаемым с помощью пятикорпусного тракторного плуга или универсального бульдозера со стороны траншеи, противоположной той, на которой сложен вынутый экскаватором грунт. После этого остальную часть траншеи, а также выемку, образовавшуюся в результате срезки гумусового грунта, с помощью бульдозера засыпают грунтом, вынутым экскаватором.

На торфяных болотах дренажные траншеи можно устраивать многоковшовым экскаватором только при отсутствии пней. В пнистой залежи дренажные траншеи прорывают одноковшовыми экскаваторами, причем вынутый грунт складывают на левую сторону, оставляя берму шириной 0,5 м. После прохода каждого 6—7 м траншею дно проверяют по визирю, планируют его вручную и укладывают очередное звено трубы. Звенья дощатых труб сколачивают во всю длину доски (6,5 м), причем в стыках звеньев доски дна, стенок и крышки трубы соединяют вразбежку.

После укладки труб в траншею доски в стыках сколачивают гвоздями, трубы закрывают очесом, дерном травой вниз или другим фильтрующим материалом. Затем вырытые траншеи засыпают бульдозерами вынутым экскаватором грунтом.

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Практические занятия заключаются в проектировании регулирующей сети на участках, имеющих различные природные и хозяйственные условия.

Наиболее удобный масштаб планов 1 : 2000, сечение горизонталей через 0,5 м.

*Упражнение 12.* Запроектировать регулирующую сеть на избыточно увлажненном участке для использования его после осушения под полевой севооборот с пропашными культурами.

Участок расположен на пологом склоне к ручью. С северной и восточной сторон он ограничен лесом; вдоль западной границы проходит межхозяйственная дорога.

Рельеф местности спокойный, средний уклон поверхности около 0,007.

Почвы участка слабоподзолистые на легком суглинке. Содержание глинистых и пылеватых частиц в почве 20—22%. Содержание железистых соединений незначительно. Коэффициент фильтрации подпахотного слоя  $K_1 = 0,0007 \text{ см/сек} = 0,60 \text{ м/сутки}$ .

На глубине 2,5 м легкие суглинки подстилаются тяжелыми, маловодопроницаемыми моренными суглинками.

Основной причиной избыточного увлажнения являются атмосферные осадки, просачивающиеся в почву. Задерживаясь на водоупоре, они образуют горизонт грунтовых вод (верховодка), уровень которых весной и в дождливые периоды находится в 10—20 см от поверхности. Во время снеготаяния и затяжных дождей на участок с северной стороны поступают склоновые воды. В сухие периоды уровень грунтовых вод опускается до 0,70—1 м и ниже.

Исходя из причин избыточного увлажнения участка, принимаем метод осушения — ускорение внутреннего стока.

При выборе способа осушения исходим из следующих положений:

1) участок осушается под полевой севооборот с пропашными культурами, следовательно, осушение необходимо проводить закрытой сетью;

2) почвы участка достаточно водопроницаемые, однородные на всей площади, поэтому вполне целесообразно применить систематический дренаж;

3) в минеральных грунтах и при увлажнении атмосферными водами наиболее долговечным будет гончарный дренаж.

Уклоны местности позволяют применить поперечный дренаж, при котором регулирующие дрены располагаются поперек склона, под острым углом к горизонталям. В этом случае коллекторы будут располагаться вдоль склона, что увеличит их пропускную способность и уменьшит опасность заилиения (рис. 101).

Диаметр регулирующих дрен принимаем без расчета — 5 см, наибольшую длину дрен — 150 м.

Глубина заложения дрен в легких суглинках, при наличии в севообороте пропашных культур, по таблице 51 рекомендуется в пределах  $h = 0,9—1,2 \text{ м}$ ; принимаем  $h = 1,1 \text{ м}$ .

Так как водопроницаемость подпахотного слоя значительно ниже водопроницаемости пахотного слоя, расстояние между дренами определяем, как для двухслойного грунта по формуле II—9, а учитывая, что дрены закладываются выше водоупора, это расстояние умножаем на коэффициент  $\sqrt{B}$ .

Определяем сначала расстояние  $L_1$  между дренами без учета висячести дрен над водоупором.

При мощности пахотного слоя 0,3 м, коэффициенте фильтрации его  $K_2=2,5$  м/сутки и слое осадков, отводимых за сутки,  $P=0,007$  м, находим:

$$L_1 = 2 \sqrt{\frac{K_1}{P} \left( 2Mh + \frac{K_2}{K_1} h^2 \right)} =$$

$$= 2 \sqrt{\frac{0,60}{0,007} \left( 2 \cdot 0,80 \cdot 0,30 + \frac{2,50}{0,60} \cdot 0,30^2 \right)} = 17,1 \text{ м.}$$

Затем определяем величину  $B$  по формуле II—10:

$$B = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{H-T}{H} \cdot \frac{r_0}{T}} =$$

$$= 1 + 5,5 \sqrt{\frac{2,50 - 1,10}{2,50} \cdot \frac{0,036}{1,10}} = 1,744,$$

где  $r_0$  — наружный радиус дрены.

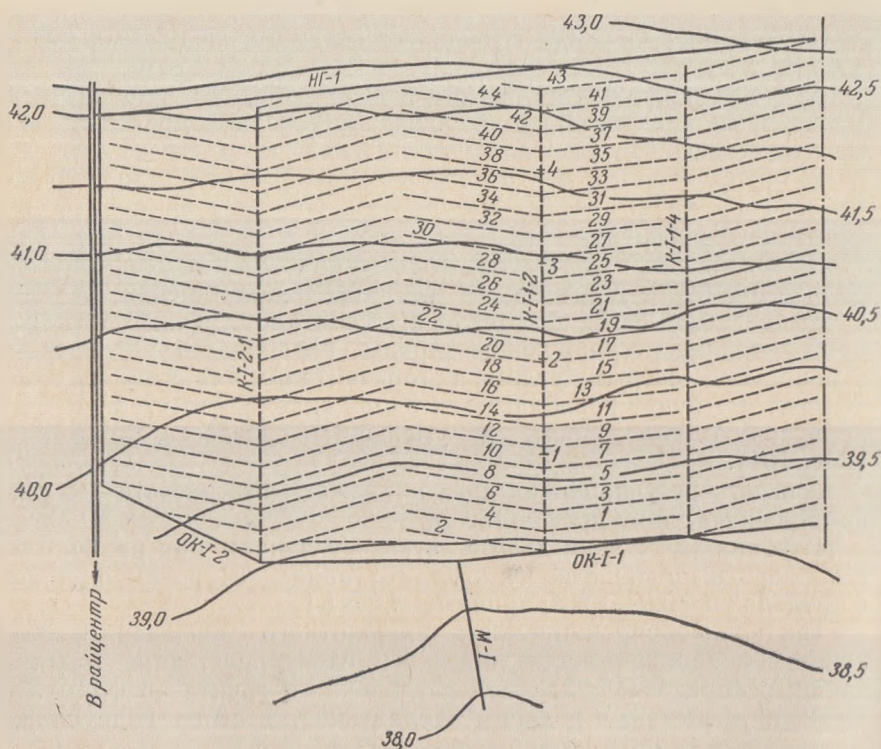


Рис. 101. Схема осушения участка дренажем.

Окончательно находим расстояние между дренами:

$$L=L_1\sqrt{B}=17,10\sqrt{1,744}=22,6\text{ м.}$$

Принимаем  $L=22\text{ м}$ .

Для ограждения осушаемого участка от притока поверхностных вод с севера проектируем нагорный канал Нг-1 со средней глубиной 1,0 м.

*Упражнение 13.* Запроектировать осушительную сеть на избыточно увлажненном участке с тяжелыми суглинистыми почвами.

На участке пашни колхоза, расположенного в юго-западной части Московской области, часто наблюдается избыточное увлажнение. Участок занимает нижнюю часть склона. В восточной части его имеется хорошо выраженный тальвег. Уклоны поверхности колеблются от 0,004 до 0,008.

Почвы — тяжелые суглинки, маловодопроницаемые; коэффициент фильтрации  $K=0,0002\text{ см/сек}\approx 0,17\text{ м/сутки}$ , мощность тяжелого суглинка более 2 м. Показатель устойчивости кротовых дрен  $\rho=0,40$ .

Весной сельскохозяйственные работы на участке задерживаются на 7—10 дней, а во время затяжных летне-осенних дождей затрудняется работа машин и вывозка урожая.

Источниками водного питания являются атмосферные воды (дождевые и снеговые), сток которых задерживается малыми уклонами местности и наличием мелких понижений глубиной до 0,10 м; в понижениях застаиваются поверхностные воды. С водосборов, расположенных выше участка, периодически наблюдается приток склоновых вод.

По перспективному плану развития хозяйства колхоза на участке намечается проведение мелиоративных работ для увеличения в севообороте площади озимой пшеницы и пропашных культур. Исходя из причин избыточного увлажнения участка, принимаем осушение его методом ускорения стока по пахотному слою.

На маловодопроницаемых почвах и при использовании осушаемой площади под полевой севооборот с пропашными культурами наиболее целесообразным способом осушения будет разреженный гончарный дренаж в сочетании с агро-мелиоративными мероприятиями.

В этих условиях дренаи должны располагаться обязательно поперек склона, а закрытые коллекторы — вдоль склона.

Так как при  $\rho>0,3$  кротовые дренаи будут малоустойчивы, вместо кротового дренажа лучше применить кротование.

В состав агро-мелиоративных мероприятий включаем:

- 1) углубление пахотного слоя до 0,30 м;
- 2) узкозагонную вспашку;
- 3) кротование.

Кроме того, в период строительства осушительной сети проводим планировку участка для уничтожения неровностей и блюдцеобразных понижений.

Вспашку производим вдоль склона с шириной загонов 15 м.

Дрены проводим под острым углом к горизонталям с уклоном не менее 0,002, избегая по возможности искусственных уклонов.

При уклонах местности 0,004—0,008 на тяжелых суглинках расстояние между дренами принимаем по таблице 50 равным 22 м. Глубина заложения дрен 0,9 м, минимальная (в истоке) 0,7 м; диаметр дрен 5 см. Расстояние между кротовинами 1—1,5 м; глубина кротовин 0,40 м.

По условиям рельефа дренаи впадают в закрытые коллекторы с одной стороны и под прямым углом, но в системах некоторых коллекторов угол впадения уменьшается до 60—70°, что обеспечивает дренам естественный уклон.

Длина дрен 140—150 м, расстояние между коллекторами 140—150 м. Закрытые коллекторы впадают в открытый коллектор ОК-1-2.

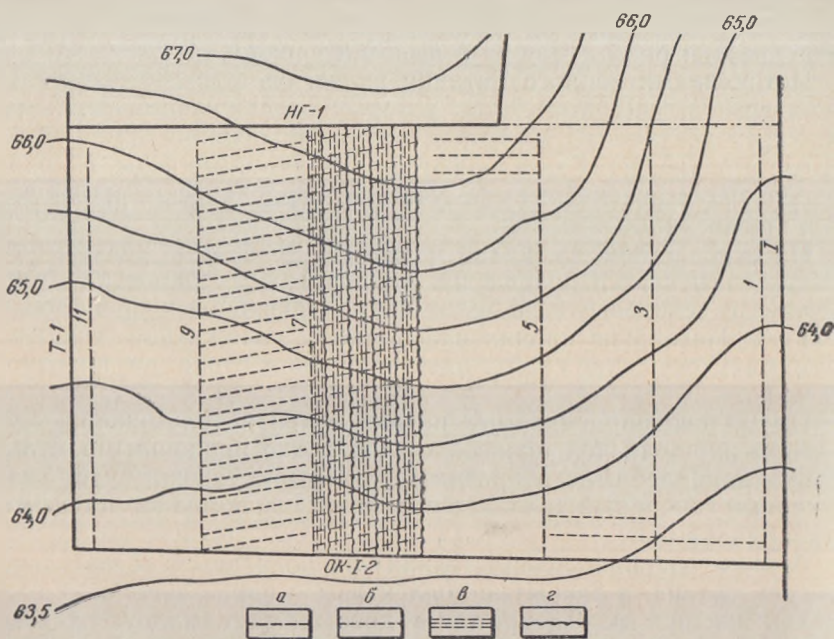


Рис. 102. Схема осушения пашни на тяжелых почвах разреженным дренажем:

а — закрытые коллекторы; б — дренаи с пористой засыпкой; в — кротование; г — разъемные борозды узкозагонной вспашки.

Гончарные трубы укладываем на выровненное дно траншеи, стыки их обкладываем мхом и затем присыпаем вручную гумусированным грунтом. Для поступления поверхностных вод траншею до пахотного слоя заполняем также гумусированным грунтом, верхнюю часть траншеи засыпаем грунтом из пахотного слоя.

Для сбора и отвода поверхностных вод проектируем нагорный канал Нг-1 и в западной части тальвеговый канал Т-1.

По тальвегу, расположенному с восточной стороны, проектируем магистральный канал МК-1.

Схема осушительной сети представлена на рисунке 102. На схеме видно, что ограниченный открытыми каналами осушаемый участок имеет длину 900 м и ширину 550 м с площадью 49,5 га, что будет вполне обеспечивать беспрепятственную механизацию всех сельскохозяйственных работ.

#### ГЛАВА 15

### ПРОВОДЯЩАЯ И ОГРАДИТЕЛЬНАЯ ОСУШИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ

#### § 60. Расположение проводящих осушительных каналов в плане

Выше указывалось, что к проводящей части осушительной системы относятся: при осушении открытыми каналами — транспортирующие собиратели и магистральные каналы, при осушении закрытым дренажем — закрытые и открытые коллекторы, транспортирующие собиратели и магистральные каналы.

На минеральных землях транспортирующие собиратели и магистральные каналы прокладывают по возможности по существующим тальвегам и понижениям, причем всегда стремятся сократить длину проводящей сети, с тем чтобы с каждой точки осушаемой территории вода отводилась в водоприемник кратчайшим путем.

На болотах с мощностью торфа более 2,0 м транспортирующие собиратели и магистральные каналы прокладывают преимущественно по местам с наибольшей глубиной торфа, с тем расчетом, что после осадки торфа на участках с глубоким торфом поверхность болота опустится ниже, чем на участках с более мелкой залежью и проводящие каналы будут проходить по наиболее пониженным местам.

При проектировании расположения в плане транспортирующих собирателей и магистральных каналов по возможности выполняют следующие требования.



1. Каналы должны быть возможно более прямые с минимальным числом поворотов.

2. Осушители и собиратели сопрягаются с транспортирующими собирателями, как правило, под прямым углом. Сопряжение транспортирующих собирателей друг с другом, а также с магистральными каналами выполняют под углом  $60^\circ$ . Если впадающий канал подходит к принимающему под большим углом, в устьевой части его устраивают закругление радиусом  $r = 10a$ , где  $a$  — ширина канала по верху. Такие же закругления устраивают на всех поворотах магистральных каналов и крупных транспортирующих собирателей.

3. В поймах крупных рек магистральные каналы располагают в направлении движения потока весенних паводковых вод с отклонениями от этого направления не более чем на  $30^\circ$ .

4. На болотах следует избегать пересечения магистральными каналами и транспортирующими собирателями участков с малой мощностью торфа или вовсе без торфа, так как в этом случае после осадки торфа дно канала на вышележащем участке, проходящем в глубоком торфе, может получить обратный уклон.

При неизбежности пересечения таких мест канал на участках, где дно его врзается в минеральный грунт, дополнительно углубляют ниже проектного дна, а в неустойчивых грунтах укрепляют нижнюю часть откосов.

5. Встречающиеся на осушаемой территории значительные водоемы (озера, мочажины, зыбуны) нельзя пересекать осушительными каналами. Если такой водоем расположен в понижении, через который обязательно должен пройти магистральный канал, его прокладывают в обход водоема (рис. 103). При этом обойденный водоем в его нижней части соединительным каналом соединяют с магистральным каналом.

6. Если осушительную сеть проектируют на землеустроенном участке, где границы полей севооборота вынесены в натуру, каналы проводящей сети располагают по этим границам. Если целесообразно прокладывать канал по установленной границе,

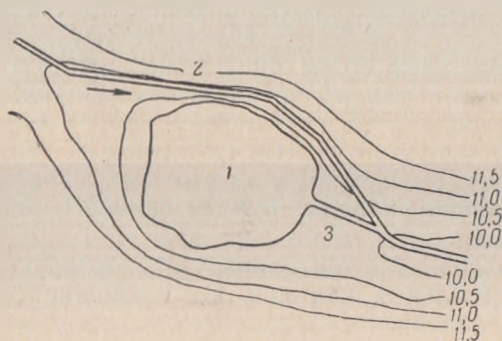


Рис. 103. Обход озера магистральным каналом:

1 — озеро; 2 — магистральный канал; 3 — соединительный канал

отступают от этого требования, но в этом случае необходимо изменить границу поля севооборота, перенеся ее на спроектированную трассу канала.

Если же осушительную сеть проектируют раньше, чем поля севооборотов, границы их должны быть полностью увязаны со спроектированной осушительной сетью.

Расстояния между транспортирующими собирателями обычно определяются рельефом местности, расположением существующих дорог и крупных каналов, а также других элементов топографической ситуации. На равнинных участках, где нет дорог и канав, транспортирующие собиратели прокладываются на одинаковом расстоянии друг от друга, которое определяется максимальной допустимой длиной впадающих в них собирателей и осушителей, а также оптимальной длиной участков обработки между осушительными каналами, при которой достигается наиболее производительная работа сельскохозяйственных машин.

Транспортирующие собиратели обычно прокладываются на расстоянии 800—1000 м друг от друга, допуская отклонения в сторону уменьшения до 400 м и в сторону увеличения до 1200 м.

## § 61. Продольный профиль проводящих каналов

При проектировании продольного профиля дна проводящих осушительных каналов на составленный профиль поверхности почвы по трассе канала наносят отметки устьев всех впадающих каналов и по этим отметкам наносят проектное дно, соблюдая необходимые перепады дна при сопряжении каналов друг с другом.

Каналы проводящей сети с площадью водосбора более 500 га, поперечные сечения которых определяют гидравлическим расчетом (см. ниже), сопрягают в вертикальной плоскости так, чтобы горизонт расчетного расхода в принимающем канале (старшего порядка) располагался на 0,05—0,10 м ниже горизонта расчетного расхода того же периода в устье впадающего канала (младшего порядка). При сопряжении каналов, из которых один (старшего порядка) подвергается гидравлическому расчету, а другой (младшего порядка) не рассчитывается, дно канала младшего порядка располагают на одной отметке с горизонтом бытовых вод в канале старшего порядка.

Если же гидравлическому расчету не подвергается ни старший, ни младший из сопрягаемых элементов осушительной сети, перепад дна при сопряжении определяют по таблице 54.

Перепады, меньшие приведенных в таблице 54, допускаются только в исключительных случаях, когда по условиям рельефа точное соблюдение требуемой величины перепада в отдельных

**Перепады дна при сопряжении элементов  
осушительной сети в вертикальной плоскости**

Наименование младшего элемента осушительной сети (впадающего)	Наименование старшего элемента осушительной сети (принимающего)	Перепад дна, м
Кротовины	Дрены-осушители	0,25—0,30
Кротовые дрены	Закрытые коллекторы	0,20—0,25
То же	Открытые собиратели	0,20—0,25
Гончарные дрены	Закрытые коллекторы	0,05—0,10
Дрены других видов	То же	0,10—0,15
Закрытые коллекторы	Открытые коллекторы	0,25—0,30
То же	Магистральные каналы	0,25—0,50
Осушители, собиратели и открытые коллекторы	Транспортирующие собиратели	0,10—0,15
То же	Магистральные каналы	0,25—0,30
Транспортирующие собиратели		0,15—0,25

точках ведет к чрезмерному углублению всей расположенной ниже проводящей сети.

Если по условиям рельефа в отдельных точках перепад оказывается слишком большим, его увеличивают не более чем на 0,10 м сверх величин, приведенных в таблице 54.

При еще больших перепадах для их уменьшения увеличивают уклон дна впадающего канала в нижней его части.

При соблюдении указанных в таблице величин перепадов элементы проводящей части осушительной системы обычно имеют следующие средние глубины:

магистральные каналы . . . . .	1,5—3,0 м
транспортирующие собиратели . .	1,0—2,0 »
открытые коллекторы . . . . .	1,2—1,5 »
закрытые коллекторы . . . . .	1,0—1,3 »

При проектировании продольного профиля проводящих осушительных каналов необходимо по возможности соблюдать следующие требования.

1. Во избежание заиления каналов не проектировать продольный уклон открытых коллекторов и транспортирующих собирателей на минеральных землях менее 0,0005 и на торфяных болотах менее 0,0003; магистральных каналов на минеральных землях менее 0,0003 и на торфяных болотах менее 0,0002, а также избегать уменьшения уклона дна от истока к устью канала.

2. Если нельзя избежать уменьшения уклона в нижней части канала, перемены уклона следует приурочивать к впадению ближайшего более или менее крупного канала.

3. Следует избегать также проектировать отдельные участки канала с большим продольным уклоном, где заведомо необходимо крепление дна канала от размыва.

4. При устройстве каналов проводящей сети в глубоком торфе (мощностью более 1,5—2,0 м) продольный профиль их проектируют исходя из отметок поверхности, которую болото будет иметь после осадки торфа, определяемой по приведенным выше формулам (II—11), (II—12) и (II—13).

## § 62. Поперечные размеры проводящих каналов

Все проводящие осушительные каналы имеют трапецеидальное сечение с заложением откосов от 0,50 до 2,50. Правильный выбор заложения откосов осушительных каналов имеет очень большое значение, так как при несоответствии принятого заложения откосов устойчивости данного грунта часто в первые же годы после строительства осушительной сети происходит весьма значительная деформация откосов.

Устойчивость откосов осушительных каналов зависит от связности грунта, в котором проходит канал, но еще больше от степени его увлажнения. Откосы хорошо сохраняются, пока в грунте содержится только капиллярно подвижная вода, но быстро разрушаются, как только в нем появляется гравитационная вода. При этом вследствие неоднородности механического состава и физических свойств грунта и большой неравномерности его увлажнения разрушение откосов осушительных каналов обычно проходит весьма неравномерно: значительные по длине участки с хорошо сохранившимися откосами чередуются с участками, где наблюдается разрушение откосов различной степени вплоть до катастрофического обвала их с большим увеличением ширины каналов по верху и заилением их дна на высоту более 1 м. При мелиоративных изысканиях практически невозможно заранее определить места, где можно ожидать значительного разрушения откосов, а следовательно, и невозможно точно установить участки канала, где необходимо их крепление.

При таком положении для гарантированного предупреждения разрушения откосов можно или на всем протяжении устроить пологие откосы, которые не разрушались бы при самых неблагоприятных свойствах грунта и условиях его увлажнения, или заранее предусмотреть капитальное крепление откосов на всем протяжении канала. Очевидно, что в обоих случаях стоимость строительства проводящих каналов будет сильно и неоправданно завышена.

Поэтому при строительстве проводящих каналов принимают заложение откосов, обеспечивающее устойчивость их при средних условиях увлажнения данного грунта, с таким расчетом, что после обнаружения участков с неустойчивыми откосами они будут закреплены на этих участках с помощью специальных сооружений.

Рекомендуемые значения заложения откосов проводящих каналов для различных грунтов приведены в таблице 55.

ТАБЛИЦА 55

Коэффициенты заложения откосов проводящих каналов

Наименование грунтов	Коэффициент заложения откосов		
	магистральные каналы	транспортирующие собиратели	открытые коллекторы
Глины и тяжелые суглинки . . . . .	1,00—1,50	1,00	1,00
Средние суглинки . . . . .	1,25—1,50	1,00—1,25	1,00—1,25
Легкие суглинки и супеси . . . . .	1,25—2,00	1,25—1,50	1,25—1,50
Крупнозернистые пески . . . . .	1,25—2,25	1,25—2,00	1,25—1,75
Мелкозернистые пески . . . . .	1,50—2,50	1,50—2,25	1,50—2,00
Торф осоково-гипновый и древесный, мало и средне разложившийся . . . . .	1,50—1,75	0,75—1,00	0,50—0,75
Торф осоково-гипновый и древесный, хорошо разложившийся . . . . .	1,50—2,00	1,00—1,50	0,75—1,25
Торф сфагновый, мало разложившийся . . . . .	1,25—1,75	0,75	0,50
Торф сфагновый, средне и хорошо разложившийся . . . . .	1,50—1,75	0,75—1,00	0,50—0,75

При площади водосбора магистральных каналов и транспортирующих собирателей менее 500 га ширину их по дну принимают равной 0,40 м. При площади водосбора более 500 га ширину проводящих осушительных каналов по дну определяют гидрологическим и гидравлическим расчетом.

### § 63. Гидрологический расчет осушительных каналов

В задачу гидрологического расчета проводящих осушительных каналов входит определение расчетных расходов, которые должен пропустить данный канал в различные периоды года.

Типичный график колебания расходов рек, ручьев и осушительных каналов в климатических условиях основных районов зоны осушения представлен на рисунке 104. Из графика видно, что максимальный расход совпадает здесь с периодом весеннего снеготаяния и, кроме того, наблюдаются отдельные менее высокие пики кривой колебания расходов, совпадающие с выпадением летних ливневых дождей. Во время выпадения осенних затяжных дождей также наблюдается значительное и длительное увеличение расходов каналов.

Очевидно, что для определения ширины по дну осушительных каналов в первую очередь необходимо знать максимальное зна-

чение расхода при прохождении весеннего, а также летних и осенних паводков, но, кроме того, и значения расхода в период проведения важнейших сельскохозяйственных работ: весенней обработки почвы, посева и уборки урожая. В практике осушения определяют следующие расчетные расходы: весенний максимальный, предпосевной (средний за 10 дней, предшествующих массовому развертыванию сева), посевной (в период массового сева в данном районе), летних и осенних паводков, бытовой (имеющий наибольшую продолжительность в течение вегетационного периода).

Величину расчетного расхода для каждого периода определяют по формуле:

$$Q = q\omega, \quad (\text{II}-15)$$

где  $\omega$  — площадь водосбора рассчитываемого канала в данной точке, выраженная обычно в га;

$q$  — величина стока с единицы площади водосбора, выраженная обычно в л/сек с 1 га и называемая модулем стока.

Таким образом, задача гидрологического расчета осушительных каналов сводится к определению расчетных модулей стока различных периодов для различных природных и хозяйственных условий.

Размеры поперечного сечения осушительных каналов целесообразно рассчитывать на максимальные расходы, наблюдавшиеся на данном водотоке за тот или иной расчетный период, так как в этом случае осушительные каналы имеют излишние размеры, которые могут быть использованы только в редких случаях, а в остальное время осушительная сеть будет работать с большой недогрузкой.

Во избежание этого и для снижения стоимости проводящих каналов их размеры рассчитывают не на самые максимальные расходы, а на расходы, повторяющиеся в среднем через определенное число лет, так называемые расходы той или иной обеспеченности.

При осушении закрытым дренажем с использованием осушаемых земель под интенсивные сельскохозяйственные культуры проводящие каналы осушительных систем рассчитывают на расхода 5%-ной обеспеченности, повторяющиеся один раз в 20 лет, при осушении пахотных земель открытыми каналами — на

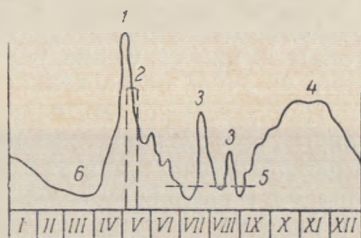


Рис 104. Типичный график колебания расходов рек, ручьев и осушительных каналов:

1 — весенний максимум; 2 — предпосевной расход; 3 — летние паводки; 4 — осенний максимум; 5 — бытовой расход; 6 — зимний минимум.

расходы 10%-ной обеспеченности, повторяющиеся один раз в 10 лет, и при осушении улучшенных кормовых угодий — на расходы 25%-ной обеспеченности, повторяющиеся один раз в 4 года.

При таком расчете переполнение проводящих каналов с частичным затоплением осушаемой территории в среднем возможно: в первом случае один раз в 20 лет, во втором случае один раз в 10 лет и в последнем случае один раз в 4 года.

Если по данному каналу наблюдения не велись, но имеются многолетние наблюдения за расходом на канале или ручье в этом же или соседнем районе, находящемся в аналогичных природных условиях, то модули стока определяют по данным наблюдений на этом соседнем канале (метод аналога). При этом расчетные модули стока предпосевного, посевного и бытового периодов, определенные для аналога, принимаются без изменений для рассчитываемого канала, если площадь водосбора канала-аналога не отличается по размерам от площади водосбора рассчитываемого канала более чем в десять раз.

Расчетные модули максимального стока весеннего половодья определяют из соотношения:

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{ан}} \sqrt[4]{\frac{\omega_{\text{ан}}}{\omega_{\text{расч}}}}, \quad (\text{II—16})$$

расчетные модули стока летних и осенних паводков — из соотношения:

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{ан}} \sqrt{\frac{\omega_{\text{ан}}}{\omega_{\text{расч}}}}, \quad (\text{II—17})$$

где  $q_{\text{ан}}$  — модуль стока соответствующего периода, наблюдавшийся на канале-аналоге;

$\omega_{\text{ан}}$  — площадь водосбора канала-аналога;

$\omega_{\text{расч}}$  — площадь водосбора рассчитываемого канала.

Если же к рассчитываемому каналу нельзя подобрать канала-аналога, для которого имеется достаточно длинный ряд наблюдений, расчетные модули стока определяют по теоретическим или эмпирическим формулам.

Универсальная формула для определения модуля стока осушительных каналов, выведенная академиком А. Н. Костяковым, имеет вид:

$$q = \frac{2,8\delta P}{t} \frac{2}{\sqrt[3]{\omega}}, \quad (\text{II—18})$$

где  $q$  — модуль стока, л/сек с 1 га;

$P$  — расчетная суточная интенсивность осадков или таяния снега, мм/сутки;

$t$  — продолжительность выпадения осадков или таяния снега в течение суток, ч;

$\omega$  — площадь водосбора, га;

$\delta$  — коэффициент стока, зависящий от свойств грунта и рельефа поверхности водосбора, определяемый по таблице 56.

ТАБЛИЦА 56

Значения коэффициента стока  $\delta$  в формуле стока  
академика А. Н. Костякова

Вид поверхности водосбора	Коэффициент стока
Водопроницаемые почвогрунты, пологий рельеф, пашня . . . . .	0,30—0,40
Почвы средней проницаемости, легкие скаты, луга . . . . .	0,40—0,50
Почвы ниже средней проницаемости, легкие скаты . . . . .	0,50—0,65
Тяжелые малопроницаемые почвы, крутые склоны . . . . .	0,65—0,80
Весенний сток по мерзлой земле . . . . .	0,80—0,90

Показатель степени  $x$  в формуле А. Н. Костякова зависит от величины и конфигурации водосборной площади и от уклона ее поверхности. В таблице 57 приводятся значения этого показателя.

ТАБЛИЦА 57

Значения показателя  $x$  в формуле стока  
академика А. Н. Костякова

Средний уклон поверхности водосбора	Площадь водосбора, тыс.га	Виды стока											
		летние осадки				летние высокие воды				весенний паводок			
		длина водосбора, км											
		0,2	0,5	1,0	2,0	0,2	0,5	1,0	2,0	0,2	0,5	1,0	2,0
0,0004	<3,0	3,1	1,8	1,5	1,4	3,1	2,6	2,3	2,1	6,0	4,3	3,5	2,0
	3,0—50,0	2,7	2,2	2,1	2,0	4,0	3,3	3,0	2,7	6,8	5,2	4,4	3,9
	>50,0	3,0	2,5	2,3	2,2	4,2	3,6	3,2	3,0	7,0	5,4	4,7	4,1
0,001	<3,0	2,3	2,0	1,7	1,5	3,5	2,8	2,5	2,2	7,3	5,0	4,0	3,4
	3,0—50,0	3,0	2,6	2,3	2,1	4,4	3,6	3,2	2,9	7,9	5,9	5,0	4,2
	>50,0	3,2	2,8	2,5	2,3	4,6	4,0	3,5	3,1	8,0	6,0	5,2	4,5
0,005	<3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	4,1	3,2	2,8	2,4	10,0	6,4	5,0	3,9
	3,0—50,0	3,5	2,8	2,5	2,3	5,0	4,0	3,5	3,1	10,0	7,0	5,7	4,8
	>50,0	4,0	3,2	2,8	2,6	5,3	4,2	3,8	3,4	10,0	7,2	5,8	5,0
0,01	<3,0	3,1	2,5	2,1	1,9	5,3	3,9	3,2	2,8	—	9,4	6,4	5,0
	3,0—50,0	4,0	3,4	2,8	2,5	6,1	4,8	4,1	3,6	—	10,0	7,2	6,0
	>50,0	4,2	3,5	3,0	2,7	6,3	5,0	4,3	4,0	—	10,0	7,3	6,0
0,04	<3,0	4,0	3,0	2,5	2,2	7,5	5,0	4,0	3,4	—	—	10,0	7,0
	3,0—50,0	4,8	3,7	3,2	2,8	8,0	6,0	5,0	4,2	—	—	10,0	7,6
	>50,0	5,0	4,0	3,4	3,0	8,2	6,2	5,2	4,5	—	—	10,0	8,0



Пользование формулой (II—18) затрудняется тем, что входящие в нее величины часто трудно определить с необходимой точностью, поэтому вычисленные по ней модули стока иногда значительно отличаются от фактических. В связи с этим для определения модуля стока рядом научно-исследовательских и проектных организаций выведены местные эмпирические формулы, построенные по общему типу:

$$q = \frac{A}{x \sqrt{\omega}} \quad (\text{II—19})$$

Входящие в эту формулу величины  $A$  и  $x$  зависят от местных условий стока: интенсивности атмосферных осадков, конфигурации водосбора, его рельефа и литологического строения. Эти величины вычисляют на основании математической обработки данных фактических наблюдений за длинные ряды лет, вследствие чего модули стока, определенные по эмпирическим формулам, всегда достаточно близки к фактическим.

#### § 64. Гидравлический расчет проводящих осушительных каналов

Гидравлический расчет осушительных каналов заключается в определении размеров поперечного сечения канала, при которых, при данном продольном уклоне дна канала и при заданном положении расчетного уровня воды в канале относительно его бровки, обеспечивается пропуск по каналу расчетного расхода, определенного гидрологическим расчетом.

Гидравлический расчет каналов производят по основной формуле равномерного движения воды в открытом русле (Шези):

$$v = C \sqrt{Ri} \quad (\text{II—20})$$

где  $v$  — средняя скорость движения воды в канале, *см/сек*;  
 $C$  — скоростной коэффициент, зависящий от шероховатости русла, выражающийся в  $m^{0,5}/сек$ ;  
 $R$  — гидравлический радиус, *м*;  
 $i$  — уклон дна канала.

При гидравлическом расчете необходимо найти такие размеры поперечного сечения канала, при которых расчетный расход, определенный гидрологическим расчетом, был бы равен расходу, определяемому по формуле:

$$Q = v\omega = \omega C \sqrt{Ri} \quad (\text{II—21})$$

где  $\omega$  — площадь живого сечения канала,  $m^2$ .

Для каналов трапецидального сечения площадь живого сечения:

$$\omega = (b + mh)h \quad (\text{II--22})$$

и гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{\chi} + \frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}, \quad (\text{II--23})$$

где  $\chi$  — смоченный периметр, м;  
 $b$  — ширина канала по дну, м;  
 $h$  — глубина живого сечения, м;  
 $m$  — коэффициент заложения откосов.

Скоростной коэффициент  $C$  определяют по формуле академика А. Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (\text{II--24})$$

где  $n$  — коэффициент шероховатости, зависящий от состояния поверхности русла;

$y$  — показатель степени, определяемый по формуле:

$$y = 2,5 \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \sqrt{R} (\sqrt{n} - 0,10). \quad (\text{II--25})$$

Коэффициент заложения откосов  $m$  устанавливают исходя из степени устойчивости грунта (табл. 55), а глубину живого сечения  $h$  — в зависимости от принятой глубины канала и заданной глубины понижения расчетного уровня от бровки канала (см. ниже). Таким образом, задача гидравлического расчета сводится к определению ширины по дну  $b$  при прочих заданных величинах.

Вследствие сложности приведенных расчетных формул (II—21) — (II—25) аналитическое определение величины  $b$  через другие входящие в эти формулы величины практически неосуществимо, а поэтому для выполнения гидравлического расчета открытых каналов составлено большое количество таблиц и номограмм, по которым быстро и достаточно точно можно определить величину  $b$ , если известны все остальные величины, входящие в расчетные формулы. Гидравлический расчет осушительных каналов можно также быстро производить с помощью счетной линейки Пояркова.

Во многих случаях ширина канала по дну, определяемая гидравлическим расчетом, оказывается меньше минимальной ширины по дну, установленной для проводящих каналов, исходя из конструктивных соображений (0,40 м). В таких случаях принимают эту минимальную ширину по дну, а гидравлическим расчетом определяют глубину живого сечения  $h$ , которая в этом случае будет всегда меньше глубины, соответствующей заданному понижению расчетного уровня воды ниже бровки канала.

Определенную гидравлическим расчетом ширину каналов по дну увязывают также с габаритами ковшей землеройных машин, которые предполагается применить на строительстве данной осушительной системы.

На каждом канале гидравлический расчет производят в нескольких поперечных сечениях — в нижней части каждого участка канала, имеющего свой продольный уклон дна. Кроме того, гидравлический расчет необходим ниже впадения каждого крупного притока, значительно изменяющего величину расчетного расхода.

Расчетные периоды для каждого канала устанавливают в зависимости от состава сельскохозяйственных культур на обслуживаемой им территории.

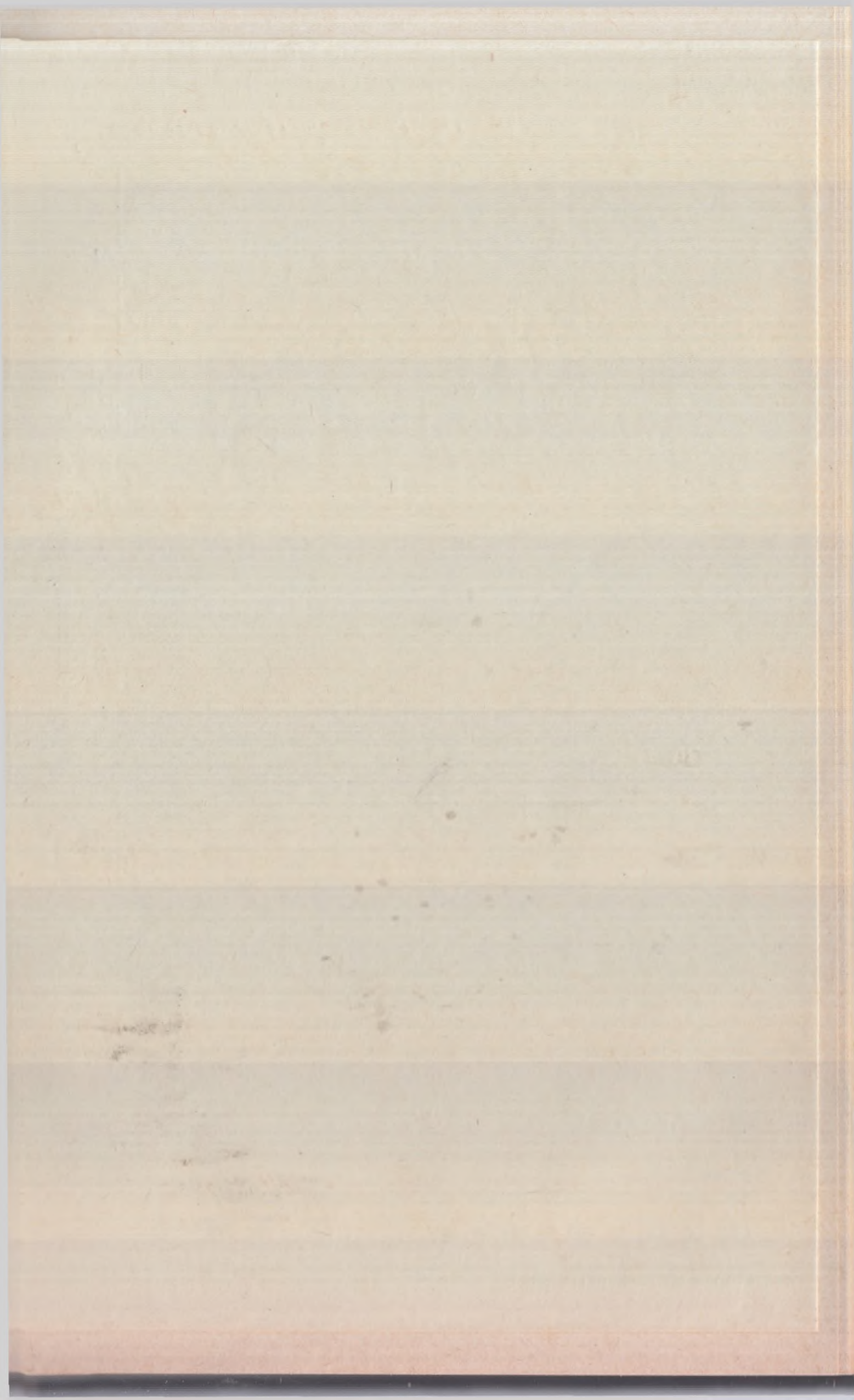
Если на мелиорированных землях возделываются озимые культуры, необходимо рассчитывать осушительные каналы на пропуск вод весеннего паводка; если озимые культуры не входят в состав проектируемых севооборотов, кратковременный выход воды из берегов канала во время весеннего паводка не вредит нормальному развитию сельскохозяйственных культур, поэтому осушительные каналы не рассчитывают на пропуск весенних паводковых вод. Необходимо, чтобы в предпосевной и посевной периоды уровни воды в них стояли достаточно низко.

При возделывании на мелиорируемых землях сельскохозяйственных культур поздних сроков уборки необходимо обеспечить пропуск вод осенних паводков, которые бывают в период уборки урожая. Если на осушаемых землях не предполагается возделывать полевые культуры и эти земли используются под искусственные или естественные луговые угодья, затопление их в весенний период не только не приносит вреда, а наоборот, положительно влияет на урожай трав. В этом случае необходимо только, чтобы осушаемые земли не затоплялись бы водами летних и осенних паводков.

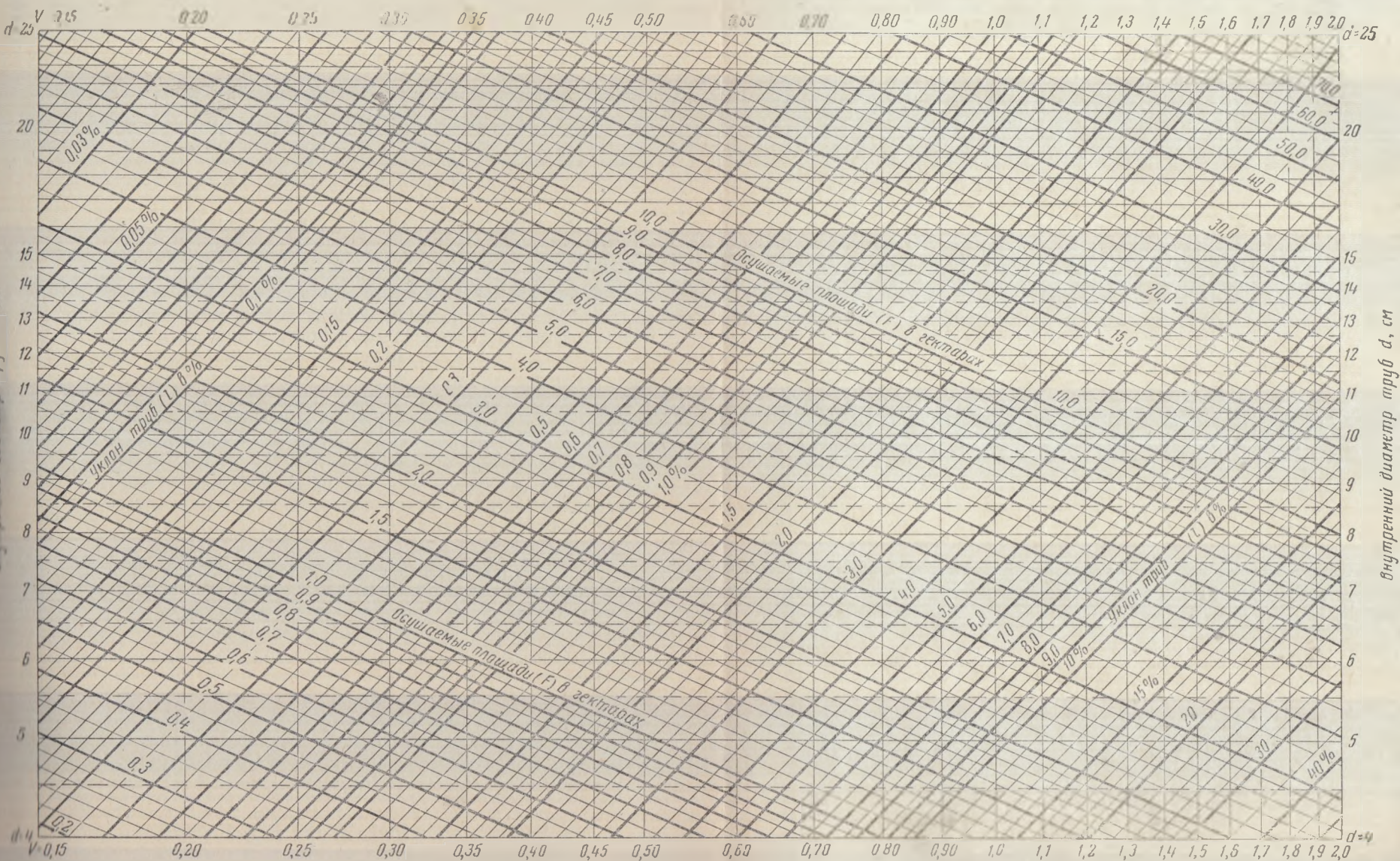
При любом использовании мелиорируемой территории необходимо, кроме того, чтобы в бытовой период осушительные каналы старшего порядка не подпирали впадающие в них каналы младшего порядка. Такой подпор допустим в исключительных случаях, когда дополнительное понижение расчетного уровня воды в принимающем канале, обеспечивающее бесподпорную работу осушительной сети, или технически неосуществимо, или сопряжено с большим удорожанием проводящей сети.

Таким образом, в зависимости от предполагаемого использования мелиорируемой территории гидравлический расчет проводящих осушительных каналов производят на расчетные расходы, указанные в таблице 58.

Положение расчетного горизонта воды в проводящих каналах по отношению к поверхности земли (бровке канала) определяется следующими требованиями.



Средняя скорость в дренажных трубах  $V$ , м/сек



Средняя скорость в дренажных трубах  $V$  м/сек

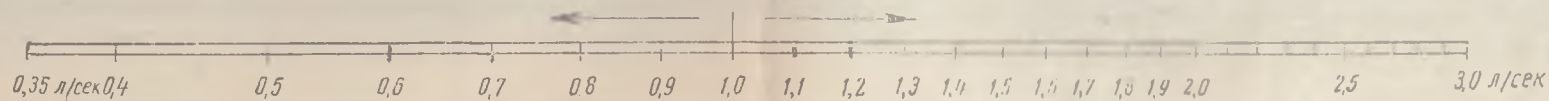


Рис. 105. Помограмма для расчета закрытых коллекторов и ditchных труб

Расчетные расходы для гидравлического расчета осушительных каналов

Использование осушаемых земель	Расчетные расходы
Полевые культуры с включением озимых	Весенний паводковый, предпосевной, бытовой
Полевые севообороты с включением пропашных культур поздних сроков уборки	Предпосевной, летне-осенних паводков, бытовой
Искусственные и естественные луга	Летне-осенних паводков, бытовой

1. Расчетные расходы весеннего половодья, а также летних и осенних паводков пропускаются полным сечением канала с подъемом расчетного уровня его до бровки.

2. При проходе предпосевных вод горизонт воды в канале должен быть на 0,5 м ниже его бровки.

3. Расчетный горизонт при проходе бытового расхода, как правило, должен быть не выше расчетного бытового горизонта во всех впадающих каналах и не выше отметки дна всех впадающих нерассчитываемых каналов.

Если данный канал не рассчитывают на пропуск весенних вод, все равно проверяют максимальную скорость течения при проходе весеннего паводка. Если при расчете канала на пропуск вод весеннего паводка окажется, что расчетный горизонт поднимается выше бровки канала, максимальную скорость определяют при полном заполнении всего сечения канала.

При больших продольных уклонах проводящих каналов, недопустимые размывающие скорости в них могут возникнуть и при площадях водосбора менее 500 га, когда гидравлический расчет каналов не производят. Поэтому на участках проводящих каналов, имеющих продольный уклон свыше 0,008 для тяжелых глинистых грунтов и мало разложившегося торфа и свыше 0,002 для песчаных грунтов и хорошо разложившегося торфа, необходимо производить проверку на размывающую скорость при прохождении максимального весеннего и летне-осенних паводков.

## § 65. Гидравлический расчет закрытых коллекторов

Закрытые коллекторы дренажных систем рассчитывают так же, как и открытые каналы. Количество воды, отводимое закрытыми дренами с единицы площади, называемое модулем внутреннего стока, умножают на площадь, осушаемую рассчитываемым коллектором, и получают расчетный расход, который должен пропустить коллектор. Затем подбирают диаметр

коллектора, который при данном продольном уклоне дна обеспечит пропуск расчетного расхода.

Модуль внутреннего стока, который зависит в первую очередь от водопроницаемости грунта осушаемого участка, а также от его положения по рельефу и от уклона поверхности, определяют по таблице 59.

ТАБЛИЦА 59

Расчетные модули внутреннего стока, л/сек с 1 га

Почвогрунты	Положение участка по рельефу		
	На склоне с уклоном		в западine между воз- вышенно- стями
	>0,01	<0,01	
Глины и тяжелые суглинки . . . . .	0,5	0,6	0,6
Средние и легкие суглинки . . . . .	0,5	0,6	0,7
Супеси и пески . . . . .	0,6	0,7	0,8
Торф слабо разложившийся . . . . .	—	—	0,7
Торф хорошо разложившийся . . . . .	—	—	0,6

Примечание. Когда на дренированных участках применяют кротование, модули внутреннего стока увеличивают на 10—20%.

При расчете закрытых коллекторов, осушающих участки с грунтово-напорным питанием, модули стока, приведенные в таблице 59, увеличивают в 2—3 раза.

Гидравлический расчет закрытых коллекторов производят по формулам гидравлики для безнапорного движения воды в трубах, предполагая, что при пропуске расчетного расхода закрытый коллектор работает полным сечением.

Для гончарных труб круглого сечения скорость движения воды в коллекторе определяют по формуле:

$$v = \frac{C}{2} \sqrt{di}, \quad (\text{II—26})$$

где  $d$  — диаметр коллектора, м;

$i$  — уклон дна коллектора;

$C$  — скоростной коэффициент, который определяют по формуле:

$$C = \frac{100 \sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}}, \quad (\text{II—27})$$

где  $R$  — гидравлический радиус, равный в данном случае  $\frac{d}{4}$ .

Максимальная скорость движения воды в закрытых коллекторах не должна превышать 1,5 м/сек. Если при расчете полу-

чаются большие скорости, необходимо либо устраивать на закрытых коллекторах перепадные колодцы, либо проектировать их зигзагообразными в плане для увеличения их длины, а следовательно, уменьшения продольного уклона.

Минимальная расчетная скорость движения воды в закрытых коллекторах допускается для пылеватых песков и супесей 0,3 м/сек, для остальных почв 0,2 м/сек.

Гончарные дренажные трубы, из которых устраивают закрытые коллекторы, имеют следующие стандартные внутренние диаметры: 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 20,0 см.

Гидравлический расчет закрытых коллекторов, устраиваемых из таких стандартных труб, ведут следующим образом.

1. Определяют расход, пропускаемый закрытым коллектором наименьшего стандартного диаметра (7,5 см) при данном уклоне его, по формуле:

$$Q = C \frac{\pi d^2}{8} \sqrt{di}, \quad (\text{II}-28)$$

где  $C$ ,  $d$ ,  $i$  имеют указанные выше значения.

2. Делением полученного расхода на принятый модуль внутреннего стока определяют площадь, которую может обслужить коллектор этого диаметра при данном уклоне.

3. Площади, осушаемые каждой дренажной, впадающей в рассчитываемый коллектор, суммируют, начиная с самой верхней дрены, до тех пор, пока суммарная осушаемая площадь не превысит площадь, которую может обслужить коллектор при данном его диаметре и продольном уклоне.

4. В точке впадения последней дрены, площадь которой вошла в первую подсчитанную сумму, назначается переход закрытого коллектора на следующий (большой) диаметр. Снова определяют площадь, обслуживаемую коллектором большего диаметра, и суммирование площадей, осушаемых каждой дренажной, продолжают до той точки, где будет необходим переход к еще большему диаметру, и т. д.

Для облегчения определения осушаемых площадей, которые могут обслуживать закрытые коллекторы данного диаметра, обычно пользуются номограммами (рис. 105).

Находят точку пересечения горизонтальной линии принятого диаметра коллектора и наклонной прямой уклона дна коллектора, выраженного в процентах. Проходящая через эту точку линия другого семейства наклонных прямых и определит площадь в гектарах, сток с которой проходит через данное сечение коллектора при полном наполнении трубы при модуле внутреннего стока 1,0 л/сек с 1 га. При расчете на меньший или больший модуль внутреннего стока осушаемую площадь находят, откладывая измерителем от найденной точки вправо или влево по горизонтали расстояния, определяемые по вспомогательной шкале,



помещенной внизу номограммы, от значения 1,0 л/сек (в середине шкалы) до значения принятого модуля внутреннего стока.

Аналогичным образом рассчитывают и дощатые закрытые коллекторы, которые устраивают сечением 7,4×7,4; 10,4×10,4 и 14,8×15,4 см.

Скоростной коэффициент  $C$  в этом случае определяют по сокращенной формуле академика Н. Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/7}. \quad (\text{II—29})$$

Гидравлический радиус  $R$  для прямоугольного сечения определяют по формуле:

$$R = \frac{ab}{2(a+b)}, \quad (\text{II—30})$$

где  $a$  и  $b$  — стороны прямоугольного сечения трубы.

Коэффициент шероховатости  $n$  принимают равным 0,013—0,015 (для нестроганных досок).

Для подбора сечения дощатых коллекторов по величине осушаемой ими площади при принятом модуле внутреннего стока, равном 0,6 л/сек с 1 га, можно пользоваться таблицей 60.

ТАБЛИЦА 60

Размеры сечения, см	Скорость, м/сек, расход, л/сек	Уклон дна									
		0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010
7,4×7,4	$v$	—	0,23	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43	0,46	0,48	0,51
	$Q$	—	1,21	1,49	1,72	1,92	2,10	2,27	2,43	2,57	2,71
10,4×10,4	$v$	0,20	0,28	0,35	0,40	0,45	0,49	0,53	0,57	0,60	0,63
	$Q$	2,12	2,99	3,67	4,25	4,74	5,20	5,61	6,01	6,37	6,71
14,8×15,4	$v$	0,25	0,36	0,44	0,51	0,57	0,63	0,68	0,72	0,77	0,81
	$Q$	5,71	8,12	9,94	11,47	12,84	14,00	15,22	16,24	17,23	18,13

## § 66. Оградительная осушительная сеть

Метод осушения ограждением от притока избыточных вод со стороны применяют тогда, когда избыточные воды поступают на осушаемую территорию извне — или по поверхности, или в виде выклинивающегося потока грунтовых вод. Приток воды со стороны обычно является не основной, но весьма распространенной причиной избыточного увлажнения, усиливающей действие других причин, а поэтому оградительная сеть осушительных ка-

налов является необходимой частью большинства осушительных систем. Только в редких случаях, при полном отсутствии притока избыточных вод со стороны, осушительные системы устраивают без оградительной части.

В случае притока только поверхностных вод осушаемую территорию ограждают системой открытых нагорных каналов; приток грунтовых вод перехватывают или открытыми ловчими каналами, или системой закрытых головных дрен.

Открытые нагорные каналы для ограждения осушаемой территории от притока поверхностных вод устраивают во всех случаях, когда непосредственно к границам осушаемого участка прилегает обширная территория, лежащая выше участка. Нагорные каналы располагают вдоль границы осушаемого участка сплошные или прерывистые (рис. 106). Сплошные нагорные каналы устраивают на ровных нерасчлененных склонах; если же склон перерезан понижениями и тальвегами, удобнее устраивать прерывистые нагорные каналы.

Преимуществом прерывистых каналов является и то, что они не препятствуют сообщению между осушаемым участком и прилегающей к нему вышерасположенной территорией, со стороны которой обычно осуществляется заезд на участок. При устройстве же сплошных нагорных каналов для проезда на осушаемый участок необходимо строить на них мосты.

В то же время при устройстве прерывистых нагорных каналов осушительная сеть на ограждаемой территории перегружается излишней массой воды, стекающей с внешнего водосбора; при устройстве же сплошных нагорных каналов эта вода отводится в водоприемник, минуя осушаемую территорию.

Во избежание сокращения площади осушаемого участка нагорные каналы следует располагать по возможности ближе к подножию склона, но с другой стороны, чтобы придать нагорным

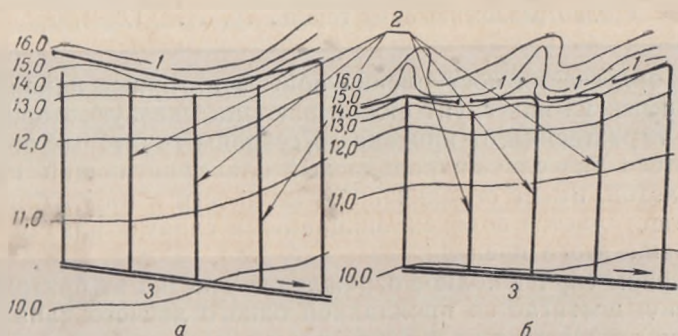


Рис. 106. Схема расположения нагорных каналов:

*a* — сплошной нагорный канал; *б* — прерывистые нагорные каналы;  
 1 — нагорные каналы; 2 — собиратели; 3 — транспортирующие собиратели.

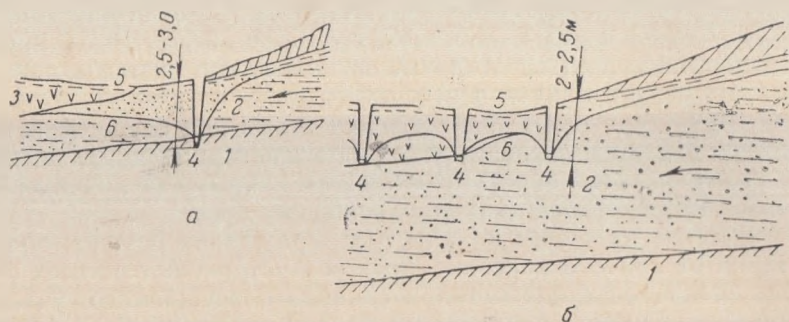


Рис. 107. Ограждение от притока грунтовых вод ловчими каналами:

а — при близком залегании водоупора; б — при глубоком залегании водоупора; 1 — водонепроницаемый слой; 2 — водоносный слой; 3 — торф; 4 — ловчие каналы; 5 — уровень грунтовых вод до осушения; 6 — уровень грунтовых вод после осушения.

каналам нужен уклон (не менее 0,0005), их необходимо постепенно отводить от подножия склона в сторону ограждаемого участка.

Сплошные нагорные каналы предпочтительно также устраивать при распаханном внешнем водосборе, когда опасность заиливания нагорных каналов больше.

Ввиду того что нагорные каналы обычно имеют значительный внешний водосбор и подвергаются большей опасности заиливания наносами, приносимыми с водосбора, их поперечные размеры увеличивают: глубину от 1,0 до 1,5 м, ширину по дну до 0,40 м, заложение откосов:

в глинах и суглинках . . . . .	1,0—1,5
» супесях . . . . .	1,5—1,75
» песках . . . . .	2,0—2,5
» хорошо разложившемся торфе . . . . .	1,25—1,5
» мало разложившемся торфе . . . . .	1,0—1,25

Для облегчения поступления воды в нагорные каналы весь вынимаемый из них грунт складывают на низовую сторону.

При ограждении от притока со стороны грунтовых вод могут встретиться два случая: водоносный пласт, питающий осушаемый участок, имеет ограниченную мощность и на глубине 2,5—3,0 м подстилается водонепроницаемыми слоями или мощность его больше этого предела.

В первом случае полное ограждение участка от притока грунтовых вод достигается прокладкой одного ловчего канала, дно которого врежется в водонепроницаемый грунт (рис. 107, а).

При большей мощности водоносного слоя необходимо устраивать несколько ловчих каналов, которые не достигают водонепроницаемого слоя (рис. 107, б). В этом случае часть грунтово-

го потока продолжает двигаться под дном каналов, которые не перехватывают весь грунтовый поток, но обеспечивают необходимое понижение уровня грунтовых вод в пределах осушаемого участка. Для более полного перехвата потока грунтовых вод ловчие каналы прокладывают приблизительно параллельно направлению гидроизогипс (линии одинаковой высоты стояния грунтовых вод).

Если необходимо устроить несколько ловчих каналов, глубину их проектируют до 2,0—2,5 м при ширине по дну 0,4—0,5 м.

Вследствие того, что ловчие каналы прокладывают в насыщенных водой грунтах, им придают более пологие откосы с коэффициентами заложения:

в легких суглинках и супесях . . . . .	1,75—2,0
» песках . . . . .	2,0—2,5
» хорошо разложившемся торфе . . . . .	1,5—1,75
» мало разложившемся торфе . . . . .	1,25—1,5

Каждый единичный ловчий канал и верхний из системы нескольких ловчих каналов является одновременно и нагорным каналом, поэтому на этих каналах вынутый грунт также складывают только на низовую сторону.

## § 67. Строительство проводящих осушительных каналов

Магистральные и нагорные каналы, а также крупные транспортирующие собиратели устраивают одноковшовыми экскаваторами разных марок, оборудованными драглайном или обратной лопатой.

При ширине магистральных каналов по верху до 6 м экскаватор движется по оси канала и прорывает его за один проход, складывая вынутый грунт в кавальеры на обе стороны канала. При ширине магистральных каналов по верху более 6 м их прорывают одноковшовыми экскаваторами за два прохода: сначала, двигаясь в стороне от оси канала, экскаватор вынимает грунт с одной его половины, а затем, двигаясь по другой стороне обратно, разрабатывает грунт на другой половине канала.

При обоих проходах грунт укладывают на одну сторону канала — ту, по которой двигается экскаватор. При строительстве нагорных и ловчих каналов, как уже указывалось, грунт всегда укладывают на одну (низовую) сторону канала. Во всех случаях между бровкой канала и основанием откоса кавальера оставляют берму шириной 1,0 м.

Для снижения стоимости строительства магистральных каналов их устраивают комбинированным способом: плужным канавокопателем и экскаватором. Сначала по оси канала проходит плужным канавокопателем в один проход при работе его на

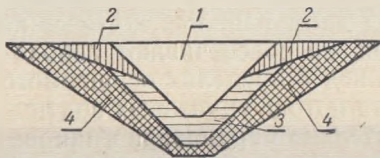


Рис. 108. Последовательность выемки грунта канавокопателем и грейдером:

1 — первый проход канавокопателем; 2 — первый проход грейдером; 3 — второй проход канавокопателем; 4 — второй и последующие проходы грейдером.

полную глубину. Вынутый канавокопателем грунт грейдером или универсальным (косым) бульдозером перемещают на расстояние 6—7 м от оси канала.

Затем по оси канала проходит одноковшовый экскаватор, который доводит сечение канала до проектных размеров. При этом проходе гусеницы экскаватора идут по обоим бровкам канала, прорытого канавокопателем.

Вследствие того, что стоимость выемки грунта канавокопателем во много раз меньше, чем экскаватором, при этом способе работы общая стоимость выемки одного кубометра грунта значительно снижается.

В тех случаях, когда проектом предусматривается разравнивание кавальеров магистральных каналов, эту работу выполняют бульдозерами различных марок.

При работе универсальным бульдозером кавальер разравнивают продольными ходами, начиная с внешней стороны кавальера и постепенно приближаясь к оси канала.

При использовании на разравнивании кавальеров прямых бульдозеров работу выполняют короткими диагональными ходами, начиная от бровки канала в сторону поля.

Если после экскаваторных работ откосы каналов оказываются неровными, их планируют тракторными скребками, которыми устраивают также водосточные воронки.

Транспортирующие собиратели и открытые коллекторы глубиной до 1,2 м выполняют последовательными ходами плужного канавокопателя и прицепного тяжелого грейдера.

Первый проход делают канавокопателем, затем грейдером отбрасывают вынутый грунт и производят пологую срезку обоих откосов. После этого делают проход канавокопателем, при котором гусеницы тракторов и колеса канавокопателя идут по срезанным откосам; грунт при этом проходе откладывается на верхнюю часть откосов. Последующими ходами грейдера снова срезают откосы, пока профиль канала не будет доведен до проектных размеров, причем при этих проходах грейдера выбрасывается и земля, поднятая канавокопателем (рис. 108). При этом после каждых 2—3 кругов срезки откосов грейдером же делают 1—2 круга для разравнивания срезанного грунта.

Так как невозможно начинать работу грейдером непосредственно от устья прорываемого канала, в нижней части его остается недоделанным участок канала длиной около 20 м, который прорывают одноковшовым экскаватором или тракторным скребком.

## § 68. Дороги на осушаемых землях

В связи с интенсификацией сельского хозяйства и широким внедрением высокоурожайных кормовых культур резко возрастает объем и вес сельскохозяйственной продукции, получаемой с каждого гектара, которую нужно вывозить с полей совхозов и колхозов. Значительно увеличивается также и обратный грузопоток — большое количество минеральных и органических удобрений, внесение которых необходимо для получения плановых урожаев высокотребовательных культур.

Для обеспечения этих внутривоспроизводительных перевозок на осушаемых землях необходимо устраивать разветвленную сеть дорог и проездов, движение по которым возможно в любое время сезона сельскохозяйственных работ.

Дороги, устраиваемые на осушаемых землях, подразделяются на следующие категории:

а) внутривоспроизводительные, соединяющие хозяйственный центр совхоза или колхоза с дорогами государственной сети, с другими отделениями совхоза или бригадами колхоза, фермами, полевыми станами, сенокосными участками и т. д., а также соединяющие перечисленные объекты между собой;

б) эксплуатационные постоянного или сезонного действия, устраиваемые для осмотра и ремонта осушительных каналов и сооружений на них;

в) полевые, соединяющие отдельные поля с внутривоспроизводительными дорогами, которые служат для вывозки урожая с полей, доставки удобрений, проезда сельскохозяйственных машин и транспорта, обслуживающего сельскохозяйственное производство;

г) проезды, обеспечивающие доступ сельскохозяйственных машин и транспорта на любой участок, ограниченный открытыми осушительными каналами.

Кроме того, для прогона скота на пастбище устраивают скотопрогоны. Во избежание излишнего дробления осушаемой территории на мелкие участки обработки всю дорожную сеть прокладывают, как правило, вдоль открытых каналов всех видов или по границам полей севооборотов.

Более грузонапряженные внутривоспроизводительные дороги на минеральных землях прокладывают по возможности по повышенным местам, а на торфяных болотах — по местам с меньшей мощностью торфа.

Эксплуатационные дороги прокладывают вдоль всех магистральных каналов и крупных транспортирующих собирателей по той стороне, с которой в них впадает меньшее число каналов младшего порядка.

Сеть полевых дорог и проездов устраивают с таким расчетом, чтобы с каждого участка, ограниченного открытыми кана-

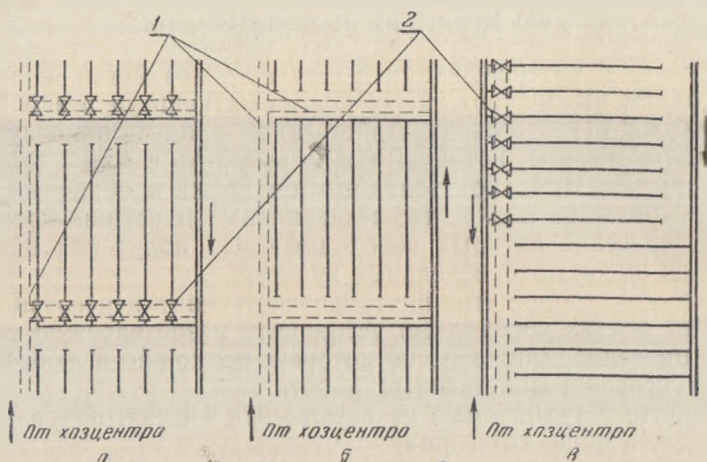


Рис. 109. Устройство проездов в зависимости от расположения хозяйственного центра:

*а* — при расположении хозяйственного центра ниже осушаемого участка; *б* — при расположении хозяйственного центра выше осушаемого участка; *в* — при поперечном расположении осушительных каналов; *1* — проезды; *2* — трубы-переезды.

лами, был обеспечен проезд к центру, обслуживающему этот участок, кратчайшим путем. Проезды на каждый участок между каналами прокладывают по верхним концам осушителей или собирателей для сокращения труб-переездов, которые необходимы, если проезд прокладывают по устьям открытых каналов.

Однако если заезд на участки между каналами по верхним концам их значительно удлиняет путь к хозяйственному центру, проезд прокладывают по устьям каналов, несмотря на необходимость строительства в этом случае большого числа труб-переездов (рис. 109).

При проектировании дорожной сети на осушаемых землях следует по возможности совмещать дороги разного назначения: эксплуатационные с внутрихозяйственными и полевыми, полевые с внутрихозяйственными.

На пересечении каждой дороги и каждого проезда с каждым каналом строят или мост (на магистральных каналах и на крупных транспортирующих собирателях), или трубу-переезд (на остальных каналах).

Внутрихозяйственные и эксплуатационные дороги строят на земляном полотне высотой 0,7—0,8 м над поверхностью земли, которое насыпают из песчаных и глинистых грунтов, а также из смеси сухого торфа с песком. Бровки этого полотна должны возвышаться над расчетным уровнем грунтовых вод или над уровнем длительного подтопления поверхностными водами:

в крупнозернистых и среднезернистых песках на . . . . .	0,8 м
» мелкозернистых песках и супесях на . .	1,3 »
» легких суглинках на . . . . .	1,4 »
» тяжелых суглинках и глинах на . . . .	1,5 »

Ширину полотна внутрихозяйственных дорог принимают 6,5 м при ширине проезжей части 3,5 м, на эксплуатационных и полевых дорогах ширина проезжей части не превышает 3 м.

Полевые дороги прокладывают по кавальеру идущего рядом канала без подсыпки насыпи.

По обеим сторонам всех дорог, кроме проездов, прорывают кюветы глубиной в минеральных грунтах 0,8—1,0 м, в торфе 1,2—1,5 м с заложением откосов соответственно 1:1,5 и 1:1. При совмещении дорог с осушительными каналами необходимость в одном из кюветов отпадает. При устройстве дорог на торфяных болотах с мощностью торфа более 1,0 м между основанием насыпи и бровкой кювета или осушительного канала оставляют берму шириной 3—4 м.

Проезжая часть внутрихозяйственных дорог должна иметь усовершенствованное покрытие — асфальтовое, каменное или гравийное, в зависимости от интенсивности движения в периоды напряженного грузооборота.

## § 69. Сооружения на открытых осушительных каналах

Все сооружения, которые устраивают на осушительных каналах, подразделяются на три группы:

- 1) для переезда через каналы — мосты и трубы-перезеды;
- 2) предохраняющие каналы от размыва на отдельных участках — перепады, быстротоки, крепление откосов, устья водоотводных и разъемных борозд;
- 3) для регулирования стока по каналам — шлюзы, применяемые на системах двухстороннего регулирования водного режима почвы (см. главу 16), и насосные станции на осушительных системах с механическим водоподъемом (см. главу 19).

На минеральных землях все сооружения на осушительных каналах строят, как правило, из сборного железобетона; на торфяниках, где бетон быстро разрушается под действием агрессивных болотных вод, строят деревянные сооружения.

Мосты на осушительных системах строят только на магистральных каналах и на крупных транспортирующих собирателях с максимальным расчетным расходом более 2,5 м<sup>3</sup>/сек. На минеральных землях строят сборные железобетонные мосты с плитным пролетным строением на свайных опорах из железобетонных свай длиной 8—9 м, забиваемых на глубину не менее 4 м (рис. 110). На торфяных почвах строят деревянные балочные мосты.



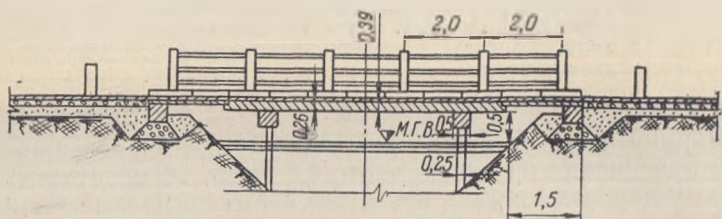


Рис. 110. Сборный железобетонный мост на осушительном канале.

Мосты на осушительных каналах строят с нечетным числом пролетов, так как при четном числе пролетов среднюю свайную опору необходимо устанавливать на оси канала, что сильно препятствует движению воды по нему.

Железобетонное пролетное строение или прогоны деревянных мостов укладывают не менее чем на 0,5 м выше максимального расчетного горизонта воды в канале и не менее чем на 0,3 м выше бровки канала для обеспечения беспрепятственного прохода под мостом льда, а также древесных остатков, которые несут паводковые воды. В связи с этим дорожное покрытие или настил моста поднимается на 0,5—0,7 м выше поверхности земли и для сопряжения дороги с мостом необходимо устраивать вьезды.

Ширина мостов должна допускать беспрепятственный проход широкозахватных сельскохозяйственных машин (не менее 5,5—6,0 м). Перила на мостах через осушительные каналы на полевых дорогах не строят, так как они мешают проходу сельскохозяйственных машин.

На осушительных каналах с максимальным расчетным расходом менее 2,5 м<sup>3</sup>/сек вместо мостов устраивают трубы-переезды — бетонные в тех случаях, когда основание трубы лежит на минеральном грунте, и деревянные на торфяниках, если дно трубы лежит выше минерального дна болота.

Железобетонные трубы-переезды устраивают диаметром от 0,4 до 1,2 м (рис. 111) при высоте насыпи над верхом трубы не менее 0,7 м.

Деревянные трубы-переезды на торфяниках устраивают из досок или пластин прямоугольного сечения размерами от 0,3×0,4 м до 0,5×0,6 м.

Во всех случаях, когда гидравлический расчет указывает на возможность возникновения скоростей, превышающих предельные допустимые, необходимо строить перепады и быстротоки.

Для определения необходимого числа перепадных сооружений находят предельный допустимый уклон дна, при котором расчетная скорость при прохождении паводковых вод не будет

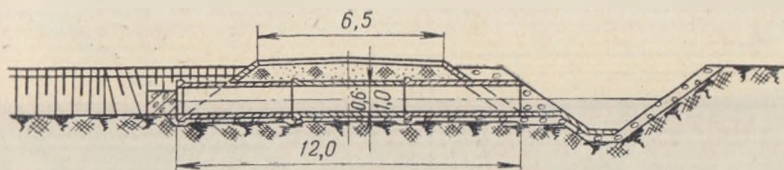


Рис. 111. Железобетонная труба-переезд.

превышать допустимую для данного грунта, и по этому уклону определяют допустимое падение дна на данном опасном участке. Затем разность между фактическим падением и вычисленным допустимым делят на принятое падение перепада или быстротока (от 0,5 до 1,0 м) и таким образом находят потребное число перепадных сооружений на данном участке.

Перепады представляют собой вертикальные уступы дна канала, укрепленные стенкой из прочного материала. На минеральных грунтах строят железобетонные перепады (рис. 112), на торфяных почвах — деревянные.

Для гашения энергии падающей воды непосредственно ниже уступа перепада устраивают водобойный колодец, глубину и длину которого определяют расчетом по формулам гидравлики. Дно и откосы канала выше и ниже перепада укрепляют бетонной облицовкой или каменной отмосткой на минеральных грунтах и дощатой облицовкой на торфяных почвах.

Быстротоки представляют собой участки канала с уклоном дна 0,1—0,15, укрепленные железобетонными плитами, каменной мостовой, фашинами и другими материалами.

В нижней части быстротоков также устраивают водобойные колодцы в виде укрепленного углубления дна на глубину 0,3—0,4 м.

При строительстве перепадов и быстротоков необходимо устраивать противофильтрационные железобетонные стенки или деревянные шпунтовые ряды, заглубленные на 2,5—5,0 м ниже дна сооружения, длиной по 1,0—2,0 м в обе стороны от его стенок для предотвращения фильтрации воды (из верхнего бьефа и нижний в обход сооружения), которая может привести к полному его разрушению.

Наилучшим способом укрепления откосов и дна осушительных каналов на минеральных землях является облицовка их сборными железобетонными элементами (рис. 113).

При этом способе по дну

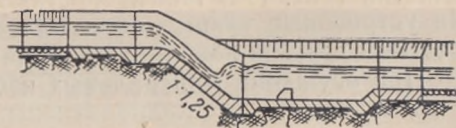


Рис. 112. Железобетонный перепад.

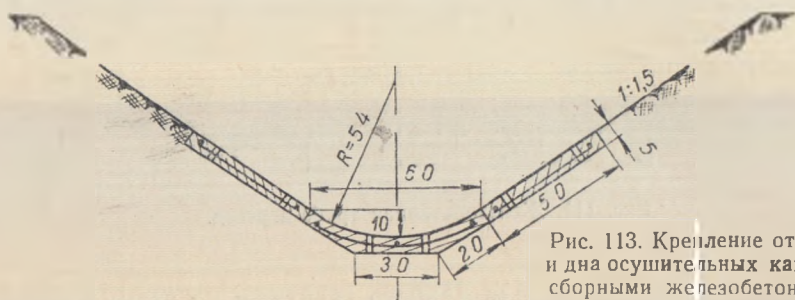


Рис. 113. Крепление откосов и дна осушительных каналов сборными железобетонными элементами.

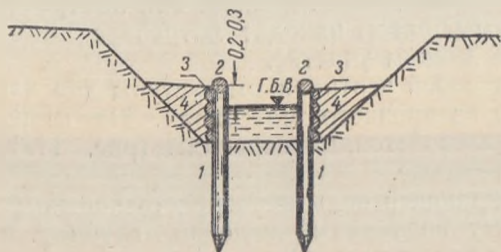


Рис. 114. Крепление откосов вертикальной стенкой из пластин:

1 — сваи; 2 — насадки; 3 — пластины; 4 — засыпка из местного грунта.

канала укладывают лоток из изогнутых железобетонных плит длиной 1,0 м, шириной 0,6 м, с радиусом кривизны 0,54 м, толщиной 5 см, а в нижней части откосов один или два ряда плоских железобетонных плит длиной 1,0 м, шириной 0,5 м, толщиной 5 см. Верхнюю часть откосов при этом способе крепления засевают многолетними травами.

При креплении железобетонными плитами наиболее неустойчивых участков каналов, где наблюдается интенсивное выклинивание верховодки, необходимо предварительно осушить откос закладкой в нем коротких (5—8 м) гончарных дрен в направлении под некоторым углом к оси канала, затем спланировать откос и после этого укладывать железобетонные элементы.

На торфяных почвах наилучшим является крепление откосов путем устройства у подножия их вертикальной стенки из досок, пластин (рис. 114) или хворостяного плетня высотой 0,5—0,6 м. За устроенные таким образом стенки или плетни засыпают местный грунт с кавальера канала с плотной его утрамбовкой.

При осушении минеральных избыточно увлажненных земель с применением агроメリоративных мероприятий в постоянные осушительные каналы впадает большое количество водоотводящих и разъемных борозд. Вследствие значительного перепада между дном впадающих борозд и дном каналов (0,5—0,8 м) в

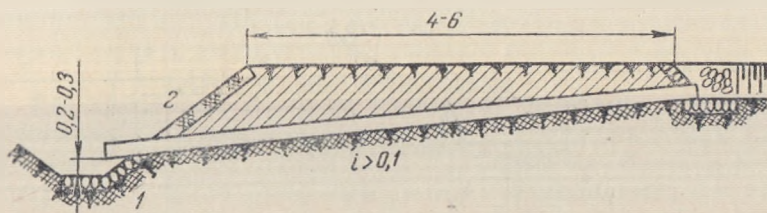


Рис. 115. Труба для сопряжения борозд с открытыми каналами:

1 — крепление камнем; 2 — одерновка.

устьях этих борозд при стоке паводковых вод часто происходят значительные размывы откосов и заиливание дна каналов. Для предотвращения этих размывов в устья борозд укладывают некондиционные асбестоцементные трубы диаметром 15—20 см, длиной 4—5 м, которые одновременно служат и для переезда через борозды (рис. 115). Эти трубы укладывают с уклоном от 0,08 до 0,20 с таким расчетом, чтобы нижний конец трубы был вложен на 0,2 м выше дна канала, чем и исключается возможность размыва откоса.

## § 70. Сооружения на закрытых осушительных системах

На системах закрытого дренажа устраивают следующие сооружения: устья закрытых коллекторов, смотровые и перепадные колодцы, поглотители.

Устьем закрытого коллектора называется укрепленный выход его в открытый канал проводящей сети или непосредственно в водоприемник. Оно состоит из прочной трубы длиной 1,0—1,5 м, который заканчивается закрытый коллектор, и укрепленного участка откоса и дна открытого канала.

Устья закрытых коллекторов являются самыми ответственными сооружениями на системах закрытого дренажа, и в то же время они подвержены наибольшей опасности повреждения, так как выходят на дневную поверхность. Поэтому для наибольшей сохранности дренажных систем следует устраивать по возможности более крупные системы с наименьшим числом устьев.

Если закрытый коллектор выходит непосредственно в водоприемник или в крупный магистральный канал, где имеется опасность размыва его устья при прохождении паводков, нижний конец коллектора длиной 10—15 м делают открытым, а устье устраивают в верхнем конце этого, так называемого встречного канала. Встречные каналы устраивают также в тех случаях, если закрытый коллектор выходит из водоток с пологими берегами, когда нижняя часть коллектора на значительном протяжении должна проходить на малой глубине.

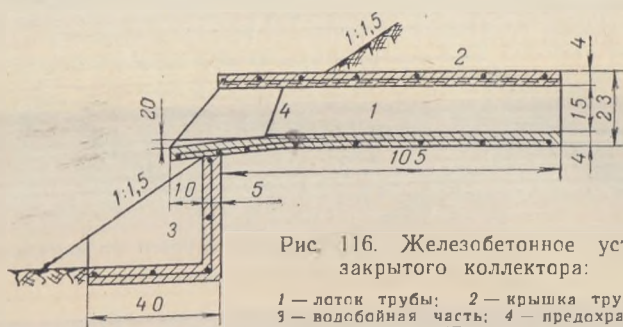


Рис. 116. Железобетонное устье закрытого коллектора:

1 — лоток трубы; 2 — крышка трубы; 3 — водобойная часть; 4 — предохранительная решетка. (Размеры даны в см.)

На минеральных почвах устраивают железобетонные устья (рис. 116), состоящие из открытого железобетонного лотка сечением  $15 \times 15$  см, железобетонной крышки этого лотка, водобойной части, предохраняющей откос и дно открытого канала от размыва струей падающей воды, и предохранительной решетки, защищающей закрытый коллектор от запыления в него мелких животных.

На торфяных почвах обычно устраивают деревянные устья сечением  $15 \times 15$  или  $18 \times 18$  см из просмоленных досок толщиной не менее 5 см. Во избежание деформаций деревянных устьев при осадке торфа их укрепляют на деревянных сваях, которые, как правило, забивают до минерального дна болота. Откос канала под деревянными устьями укрепляют дощатым настилом, fascинами или хворостом.

Для предотвращения размыва устьев вследствие фильтрации воды из закрытых коллекторов, помимо устьевых труб, траншей, в которые их укладывают, засыпают с тщательным послойным трамбованием грунта.

Смотровые колодцы устраивают только на более крупных разветвленных дренажных системах в местах слияния нескольких закрытых коллекторов, а также в местах резких переломов уклонов коллекторов от большего к меньшему. Они служат для наблюдения за нормальной работой дренажной системы. На минеральных землях их устраивают из бетонных колец диаметром 0,7—0,8 м (рис. 117), а на торфяных почвах — деревянные рубленные из пластин сечением  $0,8 \times 0,8$  м.

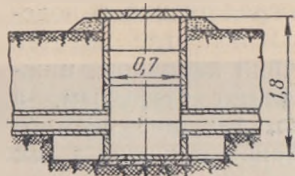


Рис. 117. Смотровой колодец из бетонных колец.

Бетонные смотровые колодцы имеют дно из бетонной плиты, а деревянные — из досок. Дно колодцев располагается на глубине не менее 0,5 м от дна выходящего из него коллектора с

тем, чтобы в колодце было место для накопления илистых и песчаных наносов, выносимых дренажной водой. Эти наносы периодически вычищают из колодцев.

Все смотровые колодцы снабжают плотными деревянными крышками, которые или выходят на поверхность земли (открытые смотровые колодцы), или заглублены на 0,4—0,5 м ниже поверхности земли (закрытые смотровые колодцы).

Перепадные колодцы отличаются от смотровых большим перепадом по высоте (до 1,0—1,2 м) между верхней (впадающей) и нижней (отводящей) трубами закрытого коллектора. Эти колодцы устраивают на коллекторах, имеющих большой продольный уклон, при котором во время прохождения максимальных расходов могут возникнуть размывающие скорости. Необходимое число перепадных колодцев подсчитывают так же, как и число перепадов или быстротоков на открытых каналах.

Поглотители для приема в дрены поверхностных вод устраивают при осушении закрытым дренажем тяжелых слабопроницаемых почв. Их располагают в местах пересечения закрытыми коллекторами или дренами слабовыраженных тальвегов, старых осушительных канав и других местных понижений.

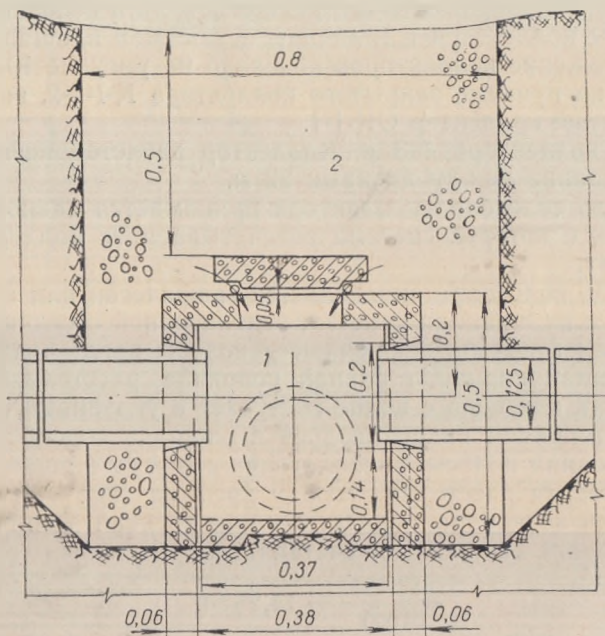


Рис. 118. Поперечный разрез поглотителя на дрене:

1 — сборная железобетонная камера; 2 — засыпка из гальки и щебня.

Для устройства поглотителя над дренай или коллектором от-  
рывают шурф сечением  $0,8 \times 0,8$  м, в который опускают бетонную  
кубическую камеру с отверстиями в верхней и боковых гранях  
(рис. 118). Через боковые отверстия в камеру входят трубы дре-  
ны или коллектора, а верхнее отверстие неплотно закрывается  
крышкой, под которую поверхностная вода может поступать в  
камеру. Верх крышки камеры располагается на глубине  $0,5—$   
 $0,6$  м от поверхности земли. Затем шурф заполняют мелким бу-  
лыжным камнем, боем кирпича или дренажных трубок и над  
ним на месте пахотного слоя насыпают слой мелкого булыж-  
ника или щебня на площади круга диаметром  $3—4$  м с таким  
расчетом, чтобы при последующих вспашках над колодцем пог-  
лотителя фильтрующий слой не был бы заилен грунтом из па-  
хотного слоя. После каждой обработки почвы фильтрующий  
слой всех поглотителей необходимо очищать от заиления.

### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 14.* Для дренажной системы, запроектирован-  
ной в упражнении 13, рассчитать один из закрытых коллекторов  
и установить правильность его расположения и основных разме-  
ров (длины коллектора и величины осушаемой площади).

Расположение коллекторов показано на рисунке 101. Расчет  
проведем на примере закрытого коллектора К-1-1-2, впадающе-  
го в открытый коллектор ОК-1-1.

Длина коллектора  $483$  м. Коллектор двухстороннего дейст-  
вия. Расстояние между дренами  $22$  м.

Площадь водосбора коллектора принимается равной площа-  
ди участка, с которой система рассчитываемого коллектора со-  
бирает воду.

Площадь водосбора определяется графически или планимет-  
ром, причем из площади участка, ограниченной соседними кана-  
лами и коллекторами, исключаются полосы вдоль этих осуши-  
тельных линий шириной, равной половине расстояния между  
дренами, так как вода с полос поступает в указанные водотоки.  
При двухстороннем впадении дрен в площадь водосбора вклю-  
чается половина полосы, расположенная между концами дрен и  
равная четверти расстояния между дренами ( $22 : 4 \approx 5$  м).

Площадь водосбора коллектора при средней длине участка  
 $483$  м и ширине  $295$  м будет составлять:

$$\frac{483 \cdot 295}{10\,000} = 14,25 \text{ га.}$$

Модуль внутреннего стока определяем по таблице 59.

Для легких суглинков и при уклонах местности менее  $0,01$   
 $q = 0,6$  л/сек на  $1$  га.

Расход в устье коллектора:

$$Q = q\omega = 0,6 \cdot 14,25 = 8,55 \text{ л/сек.}$$

Строим продольный профиль коллектора и определяем уклон дна коллектора  $i=0,0071$  (рис. 119).

Сечения труб начинаем подбирать с верхней части коллектора.

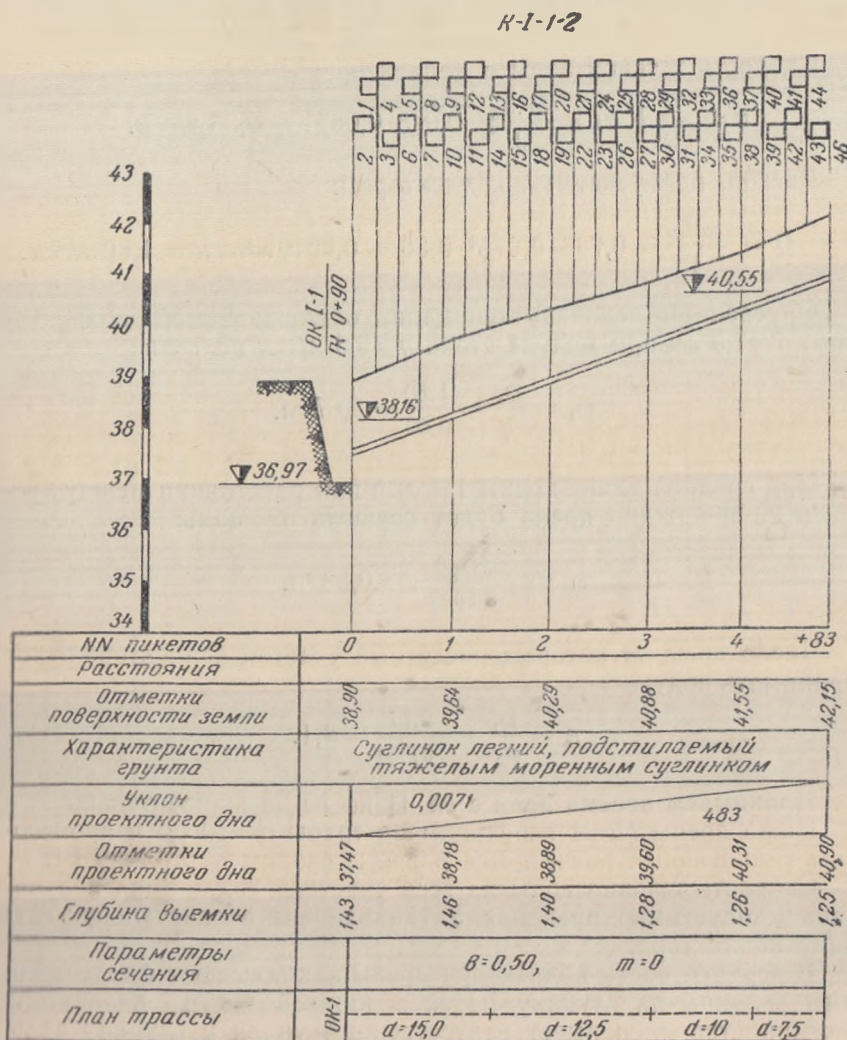


Рис. 119. Продольный профиль коллектора дренажной системы.



Гидравлический расчет коллектора ведем в метровых размерах и в следующем порядке.

Минимальный внутренний диаметр коллектора  $d=7,5$  см.

Коэффициент формулы Шези:

$$C = \frac{100 \sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}} = \frac{100 \sqrt{\frac{0,075}{4}}}{0,3 + \sqrt{\frac{0,075}{4}}} = 31,5.$$

Скорость течения воды в коллекторе:

$$v = \frac{C}{2} \sqrt{di} = \frac{31,5}{2} \sqrt{0,075 \cdot 0,0071} = 0,36 \text{ м/сек.}$$

Расход, пропускаемый коллектором:

$$Q = \frac{\pi d^2 v}{4} = 0,785 \cdot 0,075^2 \cdot 0,36 = 0,0016 \text{ м}^3/\text{сек} = 1,60 \text{ л/сек.}$$

Определяем величину площади, обслуживаемой коллектором,  $d=7,5$  см при модуле стока  $q=0,6$  л/сек на 1 га:

$$\omega_1 = \frac{Q_1}{q} = \frac{1,60}{0,60} = 2,67 \text{ га.}$$

При средней длине дрены 148 м и при расстоянии между дренами 22 м каждая дрена будет осушать площадь:

$$\omega_d = \frac{22 \cdot 148}{10\,000} = 0,33 \text{ га.}$$

Число дрен, от которых расчетный участок коллектора будет принимать воду:

$$n = \frac{\omega_1}{\omega_d} = \frac{2,67}{0,33} = 8,1.$$

Принимаем восемь дрен с № 41 по № 34 включительно.

Ниже дрены № 34 переходим на трубы  $d=10$  см и производим аналогичный расчет. Все расчеты сводим в таблицу 61.

Скорость течения воды на всех участках коллектора получилась в допустимых пределах. Устанавливаем окончательную глубину коллектора.

В верхней части коллектора дрены закладывают с естественным уклоном на глубину 1,1 м; в нижней части коллектора большинство дрен имеет искусственный уклон и глубину заложения в истоке минимальную 1,0 м и в устье 1,2—1,3 м (рис. 120).

## Подбор диаметров труб для коллектора К-1-1-2

№ участка коллектора	$d$ , см	Уклон	$v$ , м/сек	$\rho$ , л/сек	Площадь, осушаемая коллектором, га	Число дрен на участке	№ дрен	№ пикета смены диаметра
1	7,5	0,0071	0,36	1,6	2,67	8	41—34	4
2	10	0,0071	0,46	3,6	6,00	18(10)	33—24	2+80
3	12,5	0,0071	0,57	7,0	11,67	35(17)	23—7	0+85
4	15	0,0071	0,64	11,0	18,5	56(6)	6—1	—

Примечание. Площади, осушаемые коллектором рассчитываемого диаметра, и число принимаемых им дрен показаны нарастающими итогами; в скобках показано число дрен, впадающих на расчетном участке.

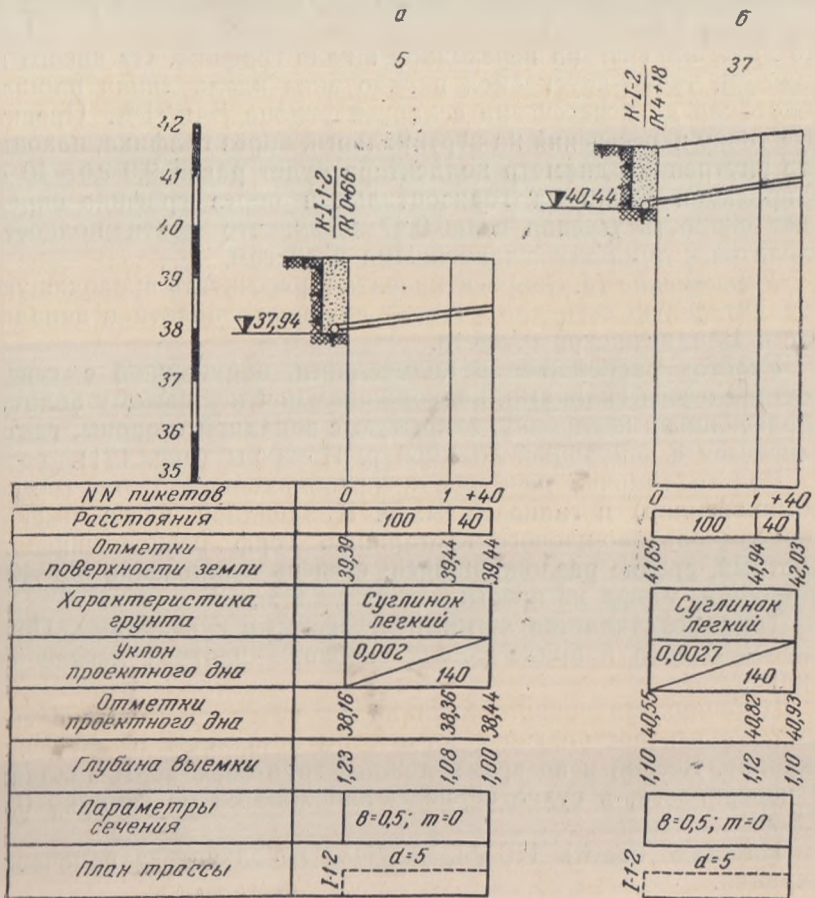


Рис. 120. Продольные профили дрен:

а — с искусственным уклоном; б — с естественным уклоном.

Глубину заложения коллектора с учетом сопряжения с дренами принимаем в среднем на 0,15 м больше заложения дрен. Следовательно, глубина коллектора будет в пределах от 1,25 до 1,45 м. При таких глубинах запроектированный уклон дна может быть оставлен без изменения.

Устье коллектора принимаем бетонное.

Выполним с помощью графика (рис. 105) проверочный расчет участка коллектора  $d=10$  см.

По таблице 61 площадь водосбора для нижнего сечения коллектора  $\omega_2=6,0$  га, модуль стока  $q=0,6$  л/сек на 1 га, уклон  $i=0,0071=0,71\%$ . Сначала находим точку пересечения линии водосбора  $=6$  га и уклона  $i=0,71\%$  при модуле стока  $q=1$  л/сек на 1 га. Для перехода к модулю стока  $q=0,6$  л/сек на 1 га переносим точку пересечения влево по горизонтальной линии на величину, равную расстоянию между модулями стока 1,0 и 0,6 л/сек на 1 га на переходной шкале графика. От нового положения точки спускаемся вправо вниз вдоль линии площади водосбора до пересечения с линией уклона  $i=0,71\%$ . Проектируя точку пересечения на вертикальный обрез графика, находим, что внутренний диаметр коллектора будет равен  $9,9$  см  $\approx 10$  см, а проекция точки на горизонтальный обрез графика определяет скорость течения воды  $0,47$  м/сек, что почти полностью сходится с данными, полученными расчетом.

*Упражнение 15.* Запроектировать и рассчитать проводящую и оградительную сеть для участка низинного болота в западной части Владимирской области.

Участок расположен в низменности, окруженной с севера, востока и юга склонами, подходящими почти к самому болоту и образующими котловину, открытую с западной стороны, где она сливается с небольшой долиной р. Паниквы (рис. 121).

Болото типично низинное с преобладанием осок (острой, обыкновенной) и гипновых мхов. В западной части имеются заросли ольхово-ивового кустарника. Торф осоково-гипновый, плотный, средне разложившийся: степень разложения 35—40%. Мощность торфа не превышает 2,0—2,2 м.

Торф подстилается легкими оглееными суглинками. Почвы окраек болота и прилегающих склонов — плотные легкие суглинки.

Источниками водного питания являются грунтовые и склоновые воды, поступающие на болото с южного и восточного склонов. Весной и во время дождей грунтовые воды находятся у поверхности, в сухие периоды понижаются на глубину 0,4—0,5 м.

Площадь болота 115 га, включая небольшие заболоченные крайки.

После осушения болото будет использоваться под овощной севооборот.

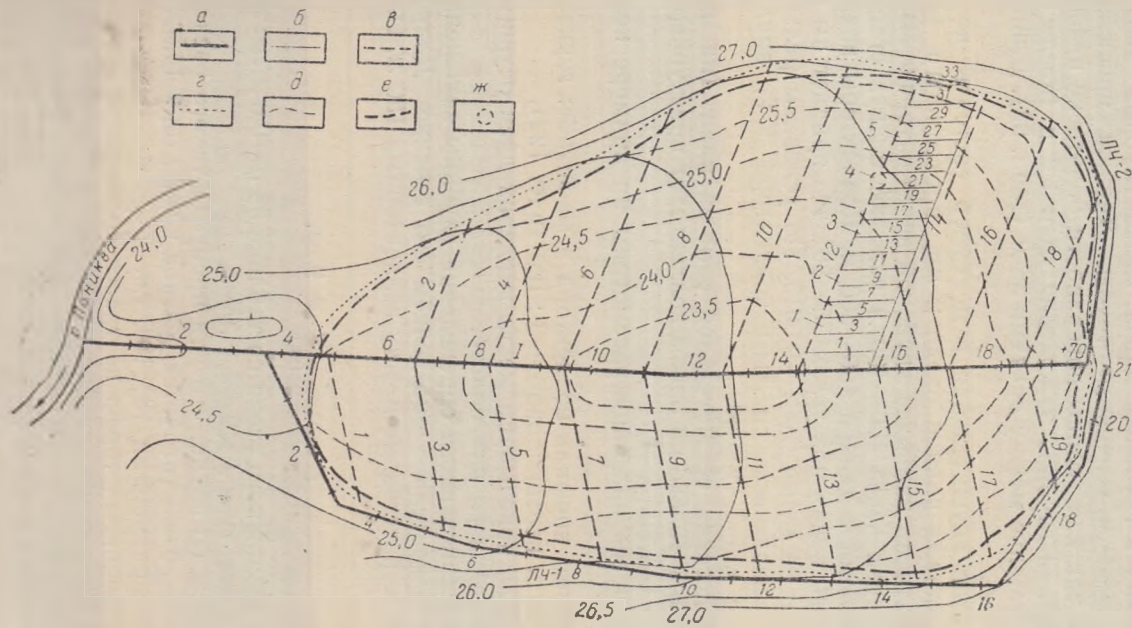


Рис. 121. Схема осушения низинного болота:

*a* — магистральный канал; *б* — лоточный канал; *в* — закрытые коллекторы; *з* — дрены; *д* — горизонтали минерального дна; *е* — граница нулевой залежи торфа; *ж* — железобетонный смотровой колодец.

В соответствии с природными условиями и намеченным характером использования болота предполагается осушить дощатым дренажем.

На участках с глубиной торфа менее глубины заложения дрен укладываются гончарные трубы. Дренаж проектируется продольный, так как уклоны поверхности болота не превышают 0,002. Проектная глубина заложения дрен 1,2 м (после осадки торфа). Расстояние между дренами 35 м (табл. 52). Длина дрен не более 150 м.

Проводящая осушительная сеть будет состоять из магистрального канала длиной около 2 км, проходящего по всей длине болота и по наиболее глубокой залежи торфа. В магистральный канал через 150—160 м впадают с двух сторон закрытые коллекторы длиной 400—600 м. Коллекторы впадают в магистральный канал под углом 75—80°, это придает им естественный уклон не менее 0,001—0,0015. По условиям рельефа все дренажи, за исключением системы коллектора К-2, впадают в коллекторы с одной стороны.

После нанесения осушительной сети на план (на рисунке дренажи показаны только на одном коллекторе) приступаем к проектированию коллекторов.

Порядок проектирования рассмотрим на примере коллектора К-12.

Вычерчиваем профиль коллектора в масштабе: горизонтальном — 1 : 5000 и вертикальном — 1 : 100 (рис. 122).

На профиле показываем места впадения дрен осушителей и линию минерального дна болота.

Для предварительного определения глубины заложения коллектора приблизительно определяем его сечение. Длина коллектора 595 м, расстояние между коллекторами 150 м. Площадь водосбора

$$\omega = \frac{150 \cdot 595}{10\,000} = 9 \text{ га.}$$

Модуль дренажного стока по таблице 59  $q = 0,6$  л/сек на 1 га, Расход  $Q = q \cdot \omega = 0,6 \times 9 = 5,4$  л/сек.

Из таблицы 60 видно, что для пропуска такого расхода при уклонах 0,001—0,005 требуется сечение коллектора  $14,8 \times 15,4$  см с наружными размерами  $18 \times 18,6$  см.

Так как мощность торфа по трассе коллектора небольшая и изменяется постепенно, глубину заложения коллектора принимаем по отметкам дна впадающих дрен с учетом осадки торфа, как это показано у дрен № 1 и 19.

Глубину коллектора после осадки принимаем на 0,17 м ниже дна дренажа, то есть на величину наружной высоты коллектора без верхней доски ( $18,6 - 1,6 = 17$  см), она будет равна  $1,20 + 0,17 = 1,37$  м.

Величина осадки торфа, вычисленная по формуле II—11, будет:

на пикете 0+35 (устье дрены № 1) — 0,29 м,  
на пикете 3+50 (устье дрены № 19) — 0,23 м.

Отметки дна коллектора:

на пикете 0+35: 25,70—1,37—0,29=24,04 м,  
на пикете 3+50: 25,90—1,37—0,23=24,30 м.

Уклон дна на этом участке:

$$i_1 = \frac{\Delta h}{l} = \frac{24,30 - 24,04}{350 - 35} = \frac{0,26}{315} = 0,00087$$

Принимаем  $i_1=0,001$  и с этим уклоном проводим дно до устья коллектора и вверх до пикета 4, выше которого уклон по-

К I-12

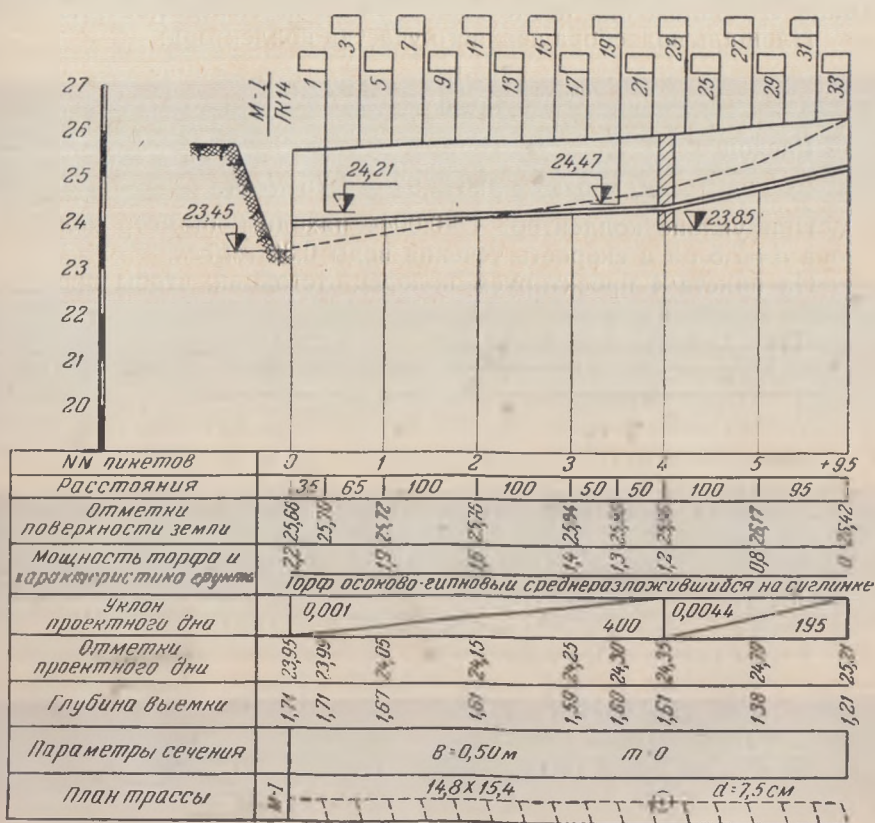


Рис. 122. Продольный профиль коллектора на низинном болоте.

верхности увеличивается. Глубину коллектора в истоке на пикете 5+95 принимаем:

$$1,10 + 0,10 = 1,20 \text{ м},$$

где 1,10 — минимальная глубина заложения дрен в торфе и  
0,10 — предполагаемый наружный диаметр коллектора (гончарного).

Отметка дна:

$$26,42 - 1,20 = 25,22 \text{ м}.$$

Уклон от истока до пикета 4:

$$i_2 = \frac{25,22 - 24,35}{195} = 0,0044.$$

Вычисляем отметки дна и глубины выемки на всех пикетах. Следует проверить, чтобы на всем протяжении коллектора глубина его заложения после осадки была не менее 1,30—1,37 м.

Площадь водосбора верхнего участка коллектора:

$$\omega_2 = \frac{195 \cdot 150}{10\,000} = 2,92 \text{ га}.$$

Расход

$$Q = q \cdot \omega_2 = 0,6 \cdot 2,92 = 1,75 \text{ л/сек}.$$

При уклоне коллектора  $i=0,0044$  находим диаметр коллектора  $d=7,5$  см и скорость течения воды 0,39 см/сек.

На пикете 4 проектируем колодец-отстойник, чтобы предотвратить заиливание труб вследствие резкого уменьшения уклона. Отметку дна колодца принимаем на 50—60 см ниже дна коллектора. Колодец устраивается из железобетонных колец, так как дно его будет заложено в минеральном грунте.

Магистральный канал также начинаем проектировать с построения продольного профиля поверхности и минерального дна болота (рис. 123).

Затем на профиле показываем места впадения коллекторов с отметками дна в устье, взятыми с профилей коллекторов.

Для коллекторов, не имеющих профилей, отметки дна показываются по средней глубине (1,35 м) с учетом осадки торфа. Величина осадки торфа определяется по формуле (II—11).

Чтобы устья коллекторов не подтоплялись даже при небольшом повышении уровня воды, перепад от устья закрытого коллектора до дна магистрального канала принимаем по таблице 54 равным 0,50 м.

При соблюдении этого условия отметка дна будет:

$$\text{на пикете } 14:23,95 - 0,50 = 23,45 \text{ м},$$

$$\text{на пикете } 8:23,24 - 0,50 = 22,74 \text{ м}.$$

$$\text{Уклон дна } i = \frac{23,45 - 22,74}{600} = 0,0012.$$

Этот уклон сохраняется и ниже до впадения ловчего канала на пикете 3+70.

В связи с увеличением расхода дно магистрального канала на пикете 3+70 проектируем с уступом 0,10 м.

Глубину канала в устье, где нет боковых притоков, принимаем минимальную — 1,50 м; тогда отметка дна канала будет:

$$23,40 - 1,50 = 21,90 \text{ м.}$$

Уклон дна ниже уступа на пикете 3+70:

$$i = \frac{22,11 - 21,90}{370} = 0,0006.$$

Окончательно уклоны и глубина канала уточняются гидравлическим расчетом.

Оградительная сеть состоит из двух нагорноловчих каналов Лч-1 и Лч-2.

Канал Лч-1 проводится по юго-восточной и южной окраинам болота по границе избыточного увлажнения и с возможно меньшим числом поворотов. Для уменьшения заиления большей части магистрального канала ловчий канал впадает в него недалеко от устья на пикете 3+70, хотя верхнюю часть канала длиной около 400 м можно было направить к истоку магистрали. Такое расположение ловчего канала позволит уменьшить поперечное сечение магистрального канала в пределах болота и опасность подтопления коллекторов.

Учитывая, что канал будет перехватывать и грунтовые воды, среднюю глубину его принимаем равной 2 м. Длина канала 2100 м.

Канал Лч-2 проходит по северо-восточной окраине и впадает в верхнюю часть магистрального канала. Длина его 450 м. По северной границе внешних вод поступает очень мало, и оградительных каналов в этой части болота нет.

**Гидрологический расчет каналов.** Площади водосбора, определенные по карте, составляют:

- 1) магистрального канала в створе пикета 3+70 — 260 га;
- 2) магистрального канала в устье (пикет 0) — 900 га;
- 3) ловчего канала Лч-1 в устье — 610 га.

Следовательно, гидравлическому расчету подлежат нижняя часть магистрального канала и ловчий канал.

Природные условия площади водосбора характеризуются холмистым рельефом с уклонами поверхности порядка 0,02—0,04. Почвы водосбора суглинистые средневодопроницаемые, причем около 20% из них хорошо проницаемые. Около 40% площади занято лесом и около 12% составляет болото. Длина водосбора  $L = 3,5$  км.

При осушении под овощной севооборот расчетными периодами стока будут: предпосевной, летне-осенних паводков и быто-



вой. Кроме того, для проверки канала на неразрываемость определяем максимальный расход, то есть в условиях нечерноземной полосы расход весеннего половодья.

Так как наблюдений за стоком на осушаемом участке нет, для определения модуля стока используем данные многолетних наблюдений (18 лет) по ручью-аналогу, расположенному в том же административном районе в сходных природных условиях.

Ручей-аналог характеризуется следующими данными:

площадь водосбора (в створе наблюдений) . . . . .	$\omega_{ан}=2250$ га
модуль стока весеннего половодья . . . . .	$q_{макс}=4,97$ л/сек/га
» » предпосевного периода . . . . .	$q_{пр}=2,28$ »
» » летне-осенних паводков . . . . .	$q_{лп}=0,45$ »
» » бытового периода . . . . .	$q_б=0,04$ »

Для определения расчетных модулей стока весеннего половодья и летне-осенних паводков применяем формулы (II—16) и (II—17). Модули стока предпосевного и бытового периодов, как мало зависящие от величины площади водосбора, принимаем по аналогу без изменения.

Для сравнения модуль стока летне-осенних паводков определяем по формуле А. Н. Костякова.

I. Период весеннего половодья:

а) устье магистрального канала

$$q_{макс} = q_{макс.ан} \sqrt[4]{\frac{\omega_{ан}}{\omega_{м.к}}} = 4,97 \sqrt[4]{\frac{2250}{900}} = 6,25 \text{ л/сек/га};$$

б) устье ловчего канала

$$q_{макс} = q_{макс.ан} \sqrt[4]{\frac{\omega_{ан}}{\omega_{лч}}} = 4,97 \sqrt[4]{\frac{2250}{610}} = 6,87 \text{ л/сек/га}.$$

II. Период летне-осенних паводков.

A. По аналогу:

а) устье магистрального канала

$$q_{лп} = q_{лп.ан} \sqrt{\frac{\omega_{ан}}{\omega_{м.к}}} = 0,45 \sqrt{\frac{2250}{900}} = 0,71 \text{ л/сек/га};$$

б) устье ловчего канала

$$q_{лп} = q_{лп.ан} \sqrt{\frac{\omega_{ан}}{\omega_{лч}}} = 0,45 \sqrt{\frac{2250}{610}} = 0,86 \text{ л/сек/га}.$$

Б. По формуле А. Н. Костякова:

$$q_{лп} = \frac{2,8\delta P}{t} \cdot \frac{2}{x \sqrt{\omega}} \text{ л/сек/га},$$

где  $\delta$  — коэффициент стока. По таблице 56 для среднепроницаемых почв  $\delta=0,40-0,50$ ; учитывая холмистый рельеф водосбора, принимаем  $\delta=0,50$ ;

$P$  — расчетная суточная интенсивность осадков; принимаем  $P=15$  мм/сутки;

$t$  — продолжительность выпадения осадков в течение суток в часах; принимаем  $t=6$  ч;

$\omega$  — площадь водосбора, га;

$x$  — показатель степени для летних высоких вод и для водосборов с площадью до 3000 га; при длине водосбора более 2 км и средних уклонах местности 0,02—0,04 по таблице 57 интерполяцией находим  $x=3,2$ .

Для устья магистрального канала:

предварительно вычисляем значение  $\sqrt[x]{\omega}$ , производя вычисления по логарифмической линейке:

$$\lg \sqrt[3,2]{900} = \frac{1}{3,2} \lg 900 = \frac{1}{3,2} 2,954 = 0,923;$$

потенцируя, находим, что  $\sqrt[3,2]{900}=8,36$ ;

$$q_{\text{лп}} = \frac{2,8\delta P}{t} \cdot \frac{2}{\sqrt[x]{\omega_{\text{м.к}}}} = \frac{2,8 \cdot 0,5 \cdot 15}{6} \cdot \frac{2}{8,36} = 0,84 \text{ л/сек/га.}$$

Для устья ловчего канала:

$$\sqrt[x]{\omega_{\text{лч}}} = \sqrt[3,2]{610} = 7,41;$$

$$q_{\text{лп}} = \frac{2,8 \cdot 0,5 \cdot 15}{6} \cdot \frac{2}{7,41} = 0,94 \text{ л/сек/га.}$$

Как видно из расчетов, оба способа дают близкие результаты. Принимаем большие модули стока, вычисленные по формуле А. Н. Костякова.

Модуль бытового стока. Для центральной полосы величина бытового модуля стока принимается в размере 0,02—0,05 л/сек/га независимо от площади водосбора. Принимаем  $q_6=0,04$  л/сек/га (по аналогу).

Расчетные расходы определяем по формуле:

$$Q = \frac{q\omega}{1000},$$

где  $q$  — модуль стока соответствующего расчетного периода, л/сек/га;

$Q$  — расход расчетного периода, м<sup>3</sup>/сек.

Расчеты сводим в таблицу.

Расчетные модули стока и расходы каналов

	Магистральный канал, $\omega=900 \text{ га}$		Ловчий канал, $\omega=610 \text{ га}$	
	$q, \text{ л/сек/га}$	$Q, \text{ м}^3/\text{сек}$	$q, \text{ л/сек/га}$	$Q, \text{ м}^3/\text{сек}$
Весеннего половодья . . . . .	6,25	5,63	6,87	4,19
Предпосевной . . . . .	2,28	2,05	2,28	1,39
Летне-осенних паводков . . . . .	0,84	0,756	0,94	0,573
Бытовой . . . . .	0,04	0,036	0,04	0,024

**Гидравлический расчет каналов.** Гидравлический расчет канала ведем одновременно с построением профиля, так как по профилю определяется уклон дна канала, который необходимо знать для гидравлического расчета, а с другой стороны, уклоны и глубины канала окончательно можно установить на основании гидравлического расчета.

Ширину по дну магистрального канала выше впадения ловчего канала принимаем без расчета:  $b=0,40 \text{ м}$ ;

$m=1,5$  (торф осоково-гипновый, средне разложившийся); глубины его, определенные по профилю, будут вполне достаточны.

Размеры сечений нижней части магистрального и ловчего каналов устанавливаем гидравлическим расчетом. Продольные профили их даны на рисунках 123 и 124.

Расчет производим по формулам равномерного движения, указанным в § 64.

Значение коэффициента шероховатости принимаем: при пропуске расходов более  $1 \text{ м}^3/\text{сек}$   $n=0,030$ , при расходах менее  $1 \text{ м}^3/\text{сек}$   $n=0,035$ . Заложение откосов в нижней части магистрального канала, учитывая, что он проходит в плотных суглинках, принимаем  $m=1,5$  (табл. 55).

В ловчем канале, в котором нижняя часть откосов подвергается действию грунтовых вод, а по верхнему откосу поступают склоновые воды, принимаем  $m=2$ .

Допустимую скорость течения воды при гидравлическом радиусе  $R=1,0 \text{ м}$  принимаем  $v_{\text{макс}}=0,75 \text{ м/сек}$ . Допустимую скорость для расчетных сечений получаем умножением этой вели-

чины на  $R^{\frac{1}{3}}$ , где  $R$  — гидравлический радиус сечения.

При проверке на неразмываемость при пропуске расхода весеннего половодья допускаемую скорость увеличиваем на 30%.

Уклон дна магистрального канала, определенный по профилю,  $i=0,0006$ .

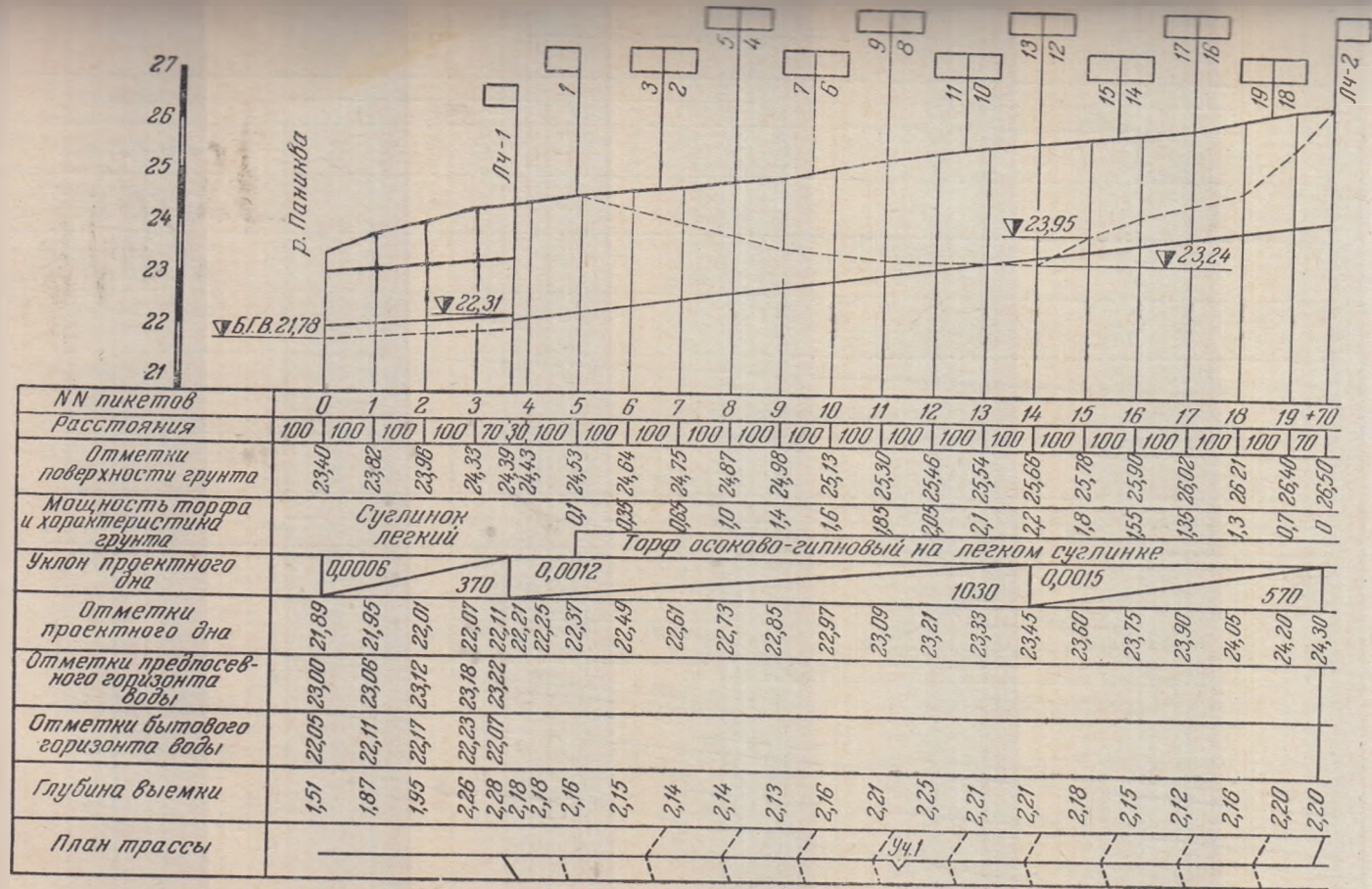


Рис. 123. Продольный профиль магистрального канала.

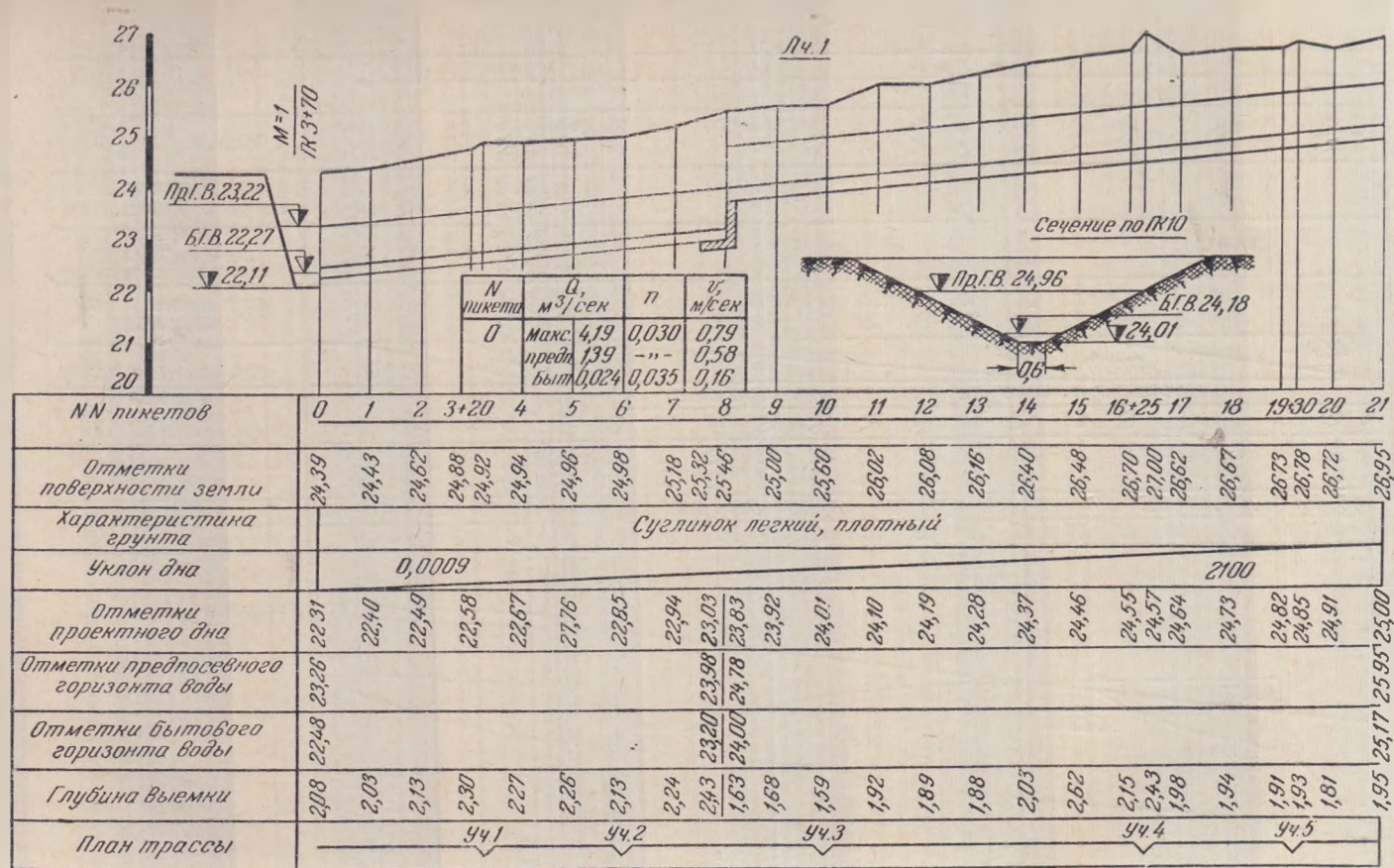


Рис. 124. Продольный профиль ловчего канала.

$m=1,50; n=0,030$ 

$b, м$ $h, м$	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50	1,80	2,00
0,10	0,18	0,23	0,28	0,33	0,44	0,55	0,65	0,82	0,98	1,08
0,20	0,75	0,91	1,08	1,26	1,62	1,97	2,33	2,90	3,44	3,83
0,30	1,83	2,15	2,49	2,83	3,56	4,28	5,03	6,14	7,26	8,06
0,40	3,51	4,05	4,63	5,22	6,36	7,53	8,78	10,6	12,5	13,8
0,50	5,96	6,75	7,57	8,40	10,2	11,8	13,6	16,3	19,1	21,0
0,60	9,30	10,4	11,5	12,6	15,0	17,3	19,6	23,4	27,2	29,7
0,70	13,6	15,0	16,4	17,9	20,8	24,0	27,0	31,7	36,7	40,1
0,80	18,6	20,6	22,4	24,4	28,0	32,0	35,8	41,8	48,0	52,3
0,90	25,4	27,5	29,8	32,1	36,7	41,5	46,3	53,6	60,8	65,8
1,00	33,1	35,8	38,5	41,2	46,7	52,4	57,8	66,6	75,7	81,5
1,10	42,3	45,4	48,6	51,9	58,2	64,8	71,3	81,5	91,8	99,2
1,20	52,8	56,4	60,2	63,9	71,2	78,5	86,4	99,0	111,3	118,3
1,30	65,0	69,1	74,4	77,4	86,0	95,2	103,2	117,0	131,0	140,0
1,40	78,7	83,5	88,0	92,9	102,4	112,6	122,0	138,0	153,5	164,0
1,50	94,2	99,5	104,8	110,0	121,0	132,5	143,7	160,0	178,0	189,0

Линию дна ловчего канала предварительно проводим параллельно поверхности с учетом перепада при сопряжении с магистральным каналом 0,20 м, в этом случае  $i=0,0012$ . При расчете пользуемся таблицей модуля расхода  $K = \frac{Q}{\sqrt{i}}$  (табл. 63).

Как пользоваться таблицей, рассмотрим на примере расчета магистрального канала на предпосевной расход  $Q=2,05 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{2,05}{\sqrt{0,0006}} = 83,8 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

По таблице при  $m=1,5$  и  $n=0,030$  принимаем ширину по дну  $b=1,50 \text{ м}$  (ширина по дну несколько завышена, чтобы не создавать подпор в верхней части и в ловчем канале) и находим, что при такой ширине дна глубина канала, соответствующая  $K=83,8$ , находится между 1,10 и 1,20 м. Таким образом, имеем:

$$K = 81,5 - h_1 = 1,10$$

$$K = 99,0 - h_2 = 1,20$$

$$\Delta K = 17,5 \quad \Delta h = 0,10$$

фактическое  $\Delta K = 83,8 - 81,5 = 2,3$ .

С помощью пропорции определяем повышение искомой глубины над  $h=1,10$ :

$$\Delta h : 0,10 = 2,3 : 17,5;$$

$$\text{отсюда } \Delta h = \frac{0,10 \times 2,3}{17,5} = 0,013 \text{ м} \approx 0,01 \text{ м}.$$

Гидравлический расчет магистрального и ловчего каналов

Канал	№ пикета расчетного сечения	Расчетный период	$Q_p$ , м <sup>3</sup> /сек	$i$	$K=0\sqrt{I}$ , м <sup>3</sup> /сек	$m$	$b$ , м	$h$ , м	$\gamma$ , м	$\omega$ , м <sup>2</sup>	$R$ , м	$n$	$C$	$Q$ , м <sup>3</sup> /сек	$Q_0$ , м <sup>3</sup> /сек	$\frac{Q_p - Q}{Q_p} = 100, \%$	
																$Q_p$	$Q_0$
МК-1	0	Предпосевной . . . . .	2,05	0,0006	83,8	1,5	1,50	1,11	5,50	3,51	0,64	0,030	29,7	0,58	2,04	0,49	0,65
		Летнего паводка . . . . .	0,756	0,0006	30,8	1,5	1,50	0,76	4,24	2,00	0,47	0,035	22,6	0,38	0,756	—	0,58
		Бытовой . . . . .	0,036	0,0006	1,47	1,5	1,50	0,16	2,08	0,28	0,134	0,035	15,2	0,13	0,037	2,8	—
		Весеннего половодья . . . . .	5,63	0,0006	230,0	1,5	1,50	1,77	7,87	7,36	0,94	0,030	32,7	0,77	5,67	0,71	0,96
ЛЧ-1	0	Предпосевной . . . . .	1,39	0,0012	40,2	2,0	0,60	0,99	4,16	2,06	0,50	0,030	27,8	0,68	1,40	0,72	0,60
		Весеннего половодья . . . . .	4,19	0,0012	—	2,0	0,60	1,40	6,85	4,76	0,70	0,030	30,4	0,88	4,19	—	0,86
ЛЧ-1	0	Предпосевной . . . . .	1,39	0,0009	46,3	2,0	0,60	0,95	4,85	2,37	0,49	0,030	27,6	0,58	1,37	1,44	0,59
		Летнего паводка . . . . .	0,573	0,0009	19,1	2,0	0,60	0,72	3,82	1,47	0,38	0,035	21,2	0,39	0,571	0,35	0,54
		Бытовой . . . . .	0,024	0,0009	0,8	2,0	0,60	0,17	1,36	0,16	0,12	0,035	14,8	0,16	0,025	0,42	—
		Весеннего половодья . . . . .	4,19	0,0009	139,7	2,0	0,60	1,49	7,26	5,33	0,74	0,030	30,8	0,79	4,22	0,71	0,88

Окончательно  $h = h_1 + \Delta h = 1,10 + 0,01 = 1,11$  м.

Расчет показывает, что глубина принята правильно.

Все расчеты сводим в таблицу 64.

Из расчета видно, что при уклоне  $i = 0,0012$  ловчий канал будет размываться и в предпосевной период, и во время весеннего половодья. Особенно опасен пропуск предпосевного расхода.

Определяем максимальный допустимый уклон:

$$i_{\text{макс}} = \frac{v_{\text{доп}}^2}{C^2 R} = \frac{0,60^2}{27,8 \times 0,50} = 0,00093.$$

Округляем уклон в меньшую сторону до 0,0009 и производим новый расчет, который показывает, что гидравлические элементы подобраны удовлетворительно, после чего окончательно заполняем все графы профилей.

Для уменьшения уклона дна на пикете 8 запроектировали перепад высотой 0,8 м.

Из профилей видно, что при сопряжении ловчего канала с магистральным младший канал не подтапливается во все расчетные периоды.

Следует отметить, что для окончательного установления уклонов дна, глубин и других элементов сечения обычно требуется несколько попыток и расчетов.

## ГЛАВА 16

### РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО И ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА ПОЧВ ОСУШАЕМЫХ МАССИВОВ

#### § 71. Необходимость регулирования водно-воздушного и питательного режима почвы

Из-за неравномерного распределения осадков как по годам, так и в течение каждого вегетационного периода в климатических условиях нечерноземной полосы нередко наступают периоды недостатка атмосферных осадков, во время которых большинство сельскохозяйственных культур страдает от недостатка влаги, вследствие чего урожай их снижается. При невыпадении эффективных атмосферных осадков (более 5 мм) в течение 10 дней наиболее требовательные к водному режиму почвы культуры — овощи, картофель, сахарная свекла — испытывают недостаток влаги, и рост их задерживается.

В результате обработки многолетних метеорологических данных установлено, что даже в наиболее увлажненной северо-западной части нечерноземной полосы в среднем два раза в год



наступают засушливые периоды (без выпадения эффективных дождей) продолжительностью от 10 до 40 дней, во время которых естественных атмосферных осадков оказывается недостаточно для нормального роста более влаголюбивых сельскохозяйственных культур.

Резкая изменчивость водно-воздушного режима почвы весьма неблагоприятно влияет и на ее питательный режим.

Как чрезмерное иссушение, так и переувлажнение пахотного слоя подавляет жизнедеятельность почвенной аэробной микрофлоры, вследствие чего затухают процессы нитрификации и уменьшается содержание в почве подвижных форм азота, которые являются основным элементом минерального питания для создания вегетативных частей растения.

Иссушение почвы ниже оптимальных пределов влажности затрудняет снабжение растений и другими минеральными питательными веществами — фосфором и калием, так как при недостатке влаги, с одной стороны, резко снижается подвижность минеральных соединений в почве, с другой — ослабевает организм самих растений и замедляется развитие их корневой системы, вследствие чего она уже не может охватить объем почвы, необходимый для бесперебойного снабжения растения водой и растворенными в ней питательными веществами.

Чтобы предотвратить такое вредное влияние на рост сельскохозяйственных культур периодов временного иссушения почвы, осушительные системы на минеральных и на торфяных почвах дополняют сооружениями и устройствами, позволяющими регулировать режим влажности осушаемых земель и в обратном направлении — увлажнять их в периоды недостатка естественных атмосферных осадков.

На торфяниках и водопроницаемых минеральных землях эта задача может быть решена шлюзованием осушительных систем, на минеральных землях с тяжелыми водонепроницаемыми почвами для этой цели необходимо сочетание осушительных систем с оросительными.

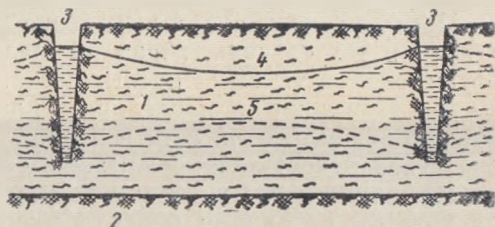
## § 72. Шлюзование осушительных систем

Для шлюзования открытых осушительных систем устраивают на осушительных каналах систему шлюзов, чтобы задержать двигающуюся по каналам воду в засушливые периоды.

Задержанная шлюзами вода наполняет канал и, просачиваясь через откосы и дно в почву, повышает уровень грунтовых вод на осушаемом участке (рис. 125). Из схемы видно, что шлюзование с успехом можно применять только на почвах достаточно высокой водопроницаемости, на которых подпертый уровень грунтовых вод поднимается и на значительном удалении от

Рис. 125. Схема действия шлюзования:

1 — торф; 2 — минеральное дно болота; 3 — осушители; 4 — подпертый уровень грунтовых вод; 5 — уровень грунтовых вод до шлюзования.



каналов (до середины участка между ними). На более тяжелых почвах подпертый уровень грунтовых вод поднимается только в непосредственной близости от канала, а в средней части участка между каналами уровень грунтовых вод в результате шлюзования почти не изменяется. В этом случае дополнительно к открытой осушительной сети на шлюзуемых участках закладывают кротовый дренаж с выводом каждой кротовой дрены в открытый канал. Подпертая в канале вода по кротовым дренам быстро проходит в среднюю часть участка между каналами и равномерно увлажняет всю осушаемую территорию. Расстояние между кротовыми дренами в торфяных почвах средней водопроницаемости следует принимать от 10 до 20 м.

Шлюзование осушительной сети может быть предупредительным или увлажнительным (рис. 126). В первом случае шлюзы закрывают в период спада вод весеннего паводка, и, таким образом, в осушительных каналах задерживается часть весенних вод, чем предупреждается быстрое просыхание осушенных земель в летний период.

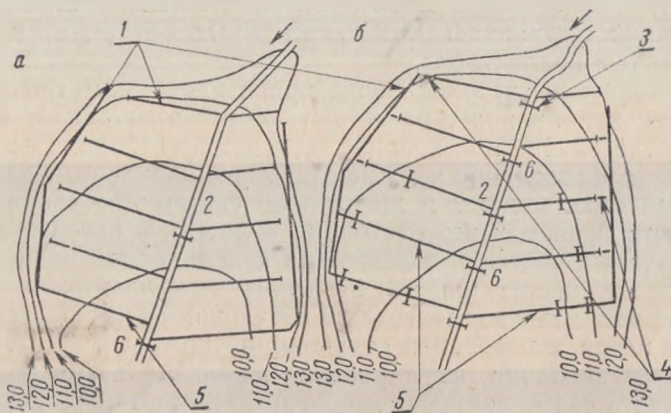


Рис. 126. Схемы шлюзования осушенного болота:

а — предупредительное шлюзование; б — увлажнительное шлюзование; 1 — нагорные каналы; 2 — магистральный канал; 3 — головной шлюз; 4 — соединительные каналы; 5 — осушители; 6 — шлюзы-регуляторы.

Предупредительное шлюзование целесообразно устраивать только в тех случаях, когда площадь водосбора шлюзуемой осушительной системы превышает осушаемую площадь в 15—20 раз. При меньшей водосборной площади объем воды, стекающей по осушительной сети в период спада весенних вод, может оказаться недостаточным для заполнения шлюзованных каналов.

Увлажнительное шлюзование устраивают в тех случаях, когда хотя бы по одному (магистральному) каналу осушительной сети имеется постоянный сток.

При увлажнительном шлюзовании на магистральном канале выше осушаемого участка устраивают головной шлюз, поднимающий воду в верхней части канала до некоторой командной отметки. Отсюда накопленную воду с помощью системы соединительных каналов и шлюзов-регуляторов распределяют по всей осушительной сети. Система увлажнительного шлюзования дает возможность поддерживать уровень воды в осушительных каналах и кротовых дренах, а следовательно, и уровень грунтовых вод на осушаемой территории на требуемой высоте в течение всего вегетационного периода, если только приток воды к головному шлюзу будет не меньше ее расхода на испарение.

В зависимости от продольных уклонов осушительных каналов шлюзы на них устраивают на разном расстоянии друг от друга с таким расчетом, чтобы подпертый уровень воды в каналах был не более чем на 0,5 м ниже бровки.

Некоторое увлажнение осушенных земель в засушливые периоды может быть достигнуто и на закрытых осушительных системах путем подпора воды в закрытых коллекторах, который осуществляют с помощью шлюзов на открытых коллекторах и регуляторов, устраиваемых в некоторых из смотровых колодцев на закрытых коллекторах.

На закрытых системах водосборная площадь закрытых коллекторов, как правило, равна осушаемой площади, а поэтому предупредительное шлюзование здесь неэффективно. При увлажнительном шлюзовании воду из открытого канала, имеющего постоянный сток, подают в дренажную систему по специальным питающим дренам через отстойные колодцы, в которых отлагаются крупные частицы, взвешенные в подаваемой воде. Общая схема расположения шлюзов на открытых коллекторах, регуляторов на закрытых коллекторах и питающих дренах остается такой же, как и при шлюзовании открытых осушительных систем.

При организации регулирования водного режима на закрытых осушительных системах необходимо помнить, что подпор воды в закрытых коллекторах и дренах увеличивает опасность их заиливания, а поэтому при строительстве системы закрытого дренажа, на которых предполагается устройство регуляторов, особое внимание обращают на правильность продольных уклонов закрытых коллекторов и дренах.

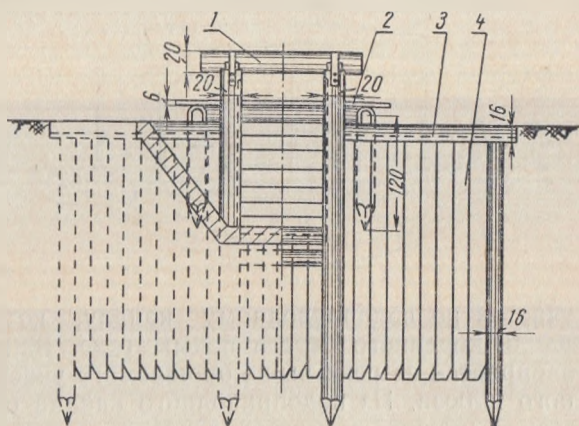


Рис. 127. Деревянный шлюз-регулятор на осушительном канале:

1 — шпалочный брус; 2 — служебный мостик; 3 — насадка; 4 — шпунтовая стенка (размеры в см).

Шлюзы-регуляторы на торфяных болотах обычно строят деревянные, так как бетонные конструкции на торфяных почвах часто быстро разрушаются под действием агрессивных болотных вод.

В большинстве случаев шлюзы-регуляторы строят однопролетные (рис. 127), с шандорным затвором (состоящим из отдельных досок шириной 20—25 см); на крупных магистральных каналах иногда устраивают и трехпролетные шлюзы. В створе затвора шлюза обязательно забивают шпунтовый ряд на глубину от 1,5 до 2,5 м на расстоянии 1,5—2,0 м в обе стороны от затвора. В водобойной части шлюза на длине  $L=4H$  (где  $H$  — высота напора) дно и стенки канала делают дощатыми. В понурной части и на рисберме дощатое крепление дна и откосов необязательно.

На минеральных почвах регуляторы на закрытых коллекторах дренажных систем устраивают в виде бетонных колодцев (типа смотровых) с вертикальным дощатым шандорным затвором.

### § 73. Орошение осушаемых земель

На минеральных почвах, которые характеризуются обычно слабоводопроницаемым подпахотным слоем, увлажнение почвы в засушливые периоды путем шлюзования осушительных систем неосуществимо. В этом случае на минеральных осушаемых землях устраивают специальные оросительные системы с подачей воды извне из различных источников.

На осушенных землях в поймах малых рек часто осуществляют поверхностное орошение при поливе напуском (см. выше § 8).

В этом случае оросительная вода подается на орошаемый

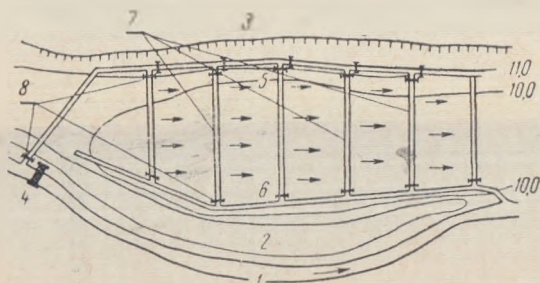


Рис. 128. Схема орошения осушаемых земель на пойме:

- 1 — река; 2 — береговой вал;  
 3 — коренной берег поймы;  
 4 — головной шлюз на реке;  
 5 — водопроводный канал;  
 6 — магистральный осушительный канал;  
 7 — осушительные каналы; 8 — шлюзы.

участок по водопроводному каналу, который прокладывают вдоль коренного берега поймы (рис. 128). Вода в этот канал забирается из реки выше орошаемого участка с помощью головного шлюза. Из водопроводного канала оросительная вода системой шлюзов-регуляторов распределяется по всем осушительным каналам, а из них также шлюзами выводится на поверхность. Для удобства орошения осушительные каналы в данном случае располагаются не вдоль, а поперек движения паводковых вод по пойме.

При этом способе орошения напуск оросительной воды на поверхность обычно производится один раз в год во время весеннего половодья. Но в случае необходимости он может быть повторен и в летние засушливые периоды.

Помимо увлажнения территории, орошение пойменных земель полыми водами сильно обогащает почву минеральными питательными веществами, аэробной микрофлорой и кислородом, а также оказывает кольматирующее влияние.

В результате такого всестороннего положительного воздействия на почву орошение полыми водами, как правило, обеспечивает резко повышение урожаев сельскохозяйственных культур, главным образом трав (до 300% по сравнению с урожаем на неорошаемых участках).

В тех случаях, когда в засушливые периоды осушительные каналы полностью пересыхают, а подать воду извне на осушаемые участки самотеком не представляется возможным, для увлажнения осушаемых земель прибегают к дождеванию с механическим водоподъемом.

Общие принципы устройства дождевания в этом случае не отличаются от изложенных выше (§ 11) принципов дождевания в засушливых районах, но оросительные нормы и режим орошения на осушаемых землях будут иные.

Засушливые периоды в климатических условиях нечерноземной полосы не оказывают заметного влияния на замедление роста зерновых культур, но весьма вредно отражаются на развитии всех овощных культур, сахарной свеклы и картофеля. Поэтому на осушаемых землях оросительные системы устраивают

только при использовании их под перечисленные культуры, а также под искусственные пастбища.

Вследствие того что на осушаемых землях нечерноземной полосы оросительная вода не является основной приходной частью баланса влаги в почве (как в южных засушливых районах), оросительную норму нельзя определять как разность между расчетным количеством воды, потребным для получения планового урожая, и количеством атмосферных осадков. Здесь орошение необходимо только в сравнительно короткие засушливые периоды, причем такие периоды могут наступать и во влажные годы, когда общее количество атмосферных осадков за вегетационный период даже превышает общую потребность сельскохозяйственных культур в воде.

При орошении сельскохозяйственных культур на осушаемых землях оросительную норму определяют по числу так называемых единичных засушливых периодов, под которыми понимаются периоды продолжительностью 10—15 дней без выпадения осадков более 5 мм в сутки. Засушливые периоды большей продолжительности — от 16 до 22 дней — при расчете оросительной нормы принимают за два единичных засушливых периода, от 23 до 28 дней — за три и более 28 дней — за четыре. При наступлении каждого засушливого периода необходимо проводить один полив указанных выше культур при поливной норме 200—300 м<sup>3</sup>/га, следовательно, оросительную норму определяют в этом случае умножением этой нормы полива на расчетное число засушливых периодов в год заданной обеспеченности.

В таблице 65 приведены определенные таким образом оросительные нормы для главнейших орошаемых культур применительно к климатическим условиям северо-западной зоны для средnezасушливого года 75% -ной обеспеченности.

ТАБЛИЦА 65

Оросительные нормы для сельскохозяйственных культур для северо-западных районов СССР, м<sup>3</sup>/га

Наименование культур	Оросительная норма	Наименование культур	Оросительная норма
Сахарная свекла . . . . .	1100	Свекла столовая и кор-	
Картофель . . . . .	800	мовая . . . . .	800
Кукуруза на силос . . . . .	800	Морковь . . . . .	600
Капуста ранняя и сред-		Томаты . . . . .	600
няя . . . . .	1200	Огурцы . . . . .	600
Капуста поздняя . . . . .	1500	Лук . . . . .	400
Капуста цветная . . . . .	1200	Шпинат . . . . .	350
		Многолетние травы на	
		искусственных пастби-	
		щах . . . . .	1200

Примерные нормы полива, применяемые в северо-западных районах СССР, приведены в таблице 66.

ТАБЛИЦА 66

Примерные нормы полива сельскохозяйственных культур в северо-западных районах СССР, м<sup>3</sup>/га

Наименование почв	Степень окультуренности почвы	Норма полива
Глинистые	Хорошая . . . . .	350—400
	Слабая . . . . .	300—350
Суглинистые	Хорошая . . . . .	300
	Слабая . . . . .	250
Супесчаные и песчаные	Хорошая . . . . .	200
	Слабая . . . . .	100—150

Приведенные в таблице 66 нормы полива применяют в период полного развития растений, когда их корневая система охватывает весь культурный пахотный слой. В ранние фазы развития сельскохозяйственных культур нормы полива сокращают в 1,5—2 раза.

Характерной особенностью орошения дождеванием на осушаемых землях является возможность использования открытой осушительной сети для распределения оросительной воды, которую от источника орошения подают по напорному трубопроводу на командную точку участка, откуда она распределяется самотеком по всей осушительной сети. Для подпора воды в осушительных каналах в этом случае удобно использовать построенные на них трубы-переезды, отверстия которых закрывают деревянными круглыми заглушками, сколоченными из досок толщиной 40 мм. Если в нужных местах труб-переездов нет, для подпора воды устраивают шлюзы-регуляторы, а также простейшие брезентовые перемычки или металлические щиты, врезаемые в дно и откосы канала.

При организации орошения дождеванием на осушенных землях преимущественно применяют дальнеструйные дождевальные машины, а также двухконсольные дождевальные агрегаты и короткоструйные установки. Как указывалось выше (§ 11), при использовании дальнеструйных дождевальных машин ДДН-45 необходимо прокладывать открытые оросители на расстоянии 80 м друг от друга, а при использовании двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100М — на расстоянии 120 м.

Расстояния же между осушительными каналами далеко не всегда совпадают с указанными, а при осушении закрытым дренажем всегда значительно их превышают. В этих случаях для подвода воды к дождевальным установкам применяют перенос-

ние разборные трубопроводы диаметром 100—150 мм или трубы короткоструйных дождевальных установок. При этом всасывающий клапан дальнеструйной установки заменяют отрезком трубы переносного трубопровода, который вставляют в последнюю муфту подводщего трубопровода. В этом случае, кроме насосной станции, подающей воду из источника орошения в осушительную сеть, и насоса самой дождевальной установки, необходима дополнительная (третья) передвижная насосная станция типа ПНС-Т-6НДв, подающая воду из открытого канала в подводящий трубопровод.

При поливе короткоструйными дождевальными установками КДУ-55 или КДУ-55М с использованием для распределения оросительной воды осушительной сети, сеть постоянных напорных трубопроводов не нужна. Полив осуществляется с помощью передвижных насосных станций того же типа, забирающих воду непосредственно из открытых каналов. При этом одна насосная станция может одновременно подавать воду в двойное крыло дождевальной установки (длиной 240 или 300 м), что дает возможность производить полив короткоструйными дождевальными установками при расстоянии между открытыми каналами соответственно до 480—600 м.

## ГЛАВА 17

### ВОДОПРИЕМНИКИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

#### § 74. Требования, предъявляемые к водоприемникам осушительных систем

Водоприемниками осушительных систем в большинстве случаев являются реки, ручьи, балки и крупные тальвеги с постоянным или периодическим водотоком, а также достаточно крупные водоемы — моря, большие озера и искусственные водохранилища. В некоторых случаях в качестве водоприемников используют карстовые воронки в известковых породах и мощные слои хорошо водопроницаемых отложений, которые могут поглощать и отводить значительный объем воды.

Ко всякому водоприемнику осушительной системы предъявляют следующие основные требования.

1. Водоприемник не должен создавать подпор во впадающих в него осушительных каналах, для чего бытовой горизонт в водоприемнике должен быть или ниже, или на одном уровне с бытовым горизонтом воды в устье каждого впадающего канала.

2. Пропускная способность водоприемников-водотоков должна быть такой, чтобы при прохождении предпосевных, посевных и летнепаводковых вод уровень воды в нем был не выше расчет-



ного уровня соответствующего периода в устье каждого осушительного канала. Только при прохождении весеннего паводка допускается подпор осушительной сети со стороны водоприемника, а также (при отсутствии посевов озимых культур) кратковременное затопление некоторой части осушаемой территории.

Уровень воды в водоприемниках-водоемах в предпосевной и посевной периоды и во время летних паводков также не должен превышать расчетный уровень соответствующего периода во впадающих осушительных каналах.

С другой стороны, недопустимо и большое превышение расчетных уровней воды в осушительных каналах над уровнем воды в водоприемнике в соответствующий период, так как в этом случае в устье канала образуется кривая спада и возможно возникновение размывающих скоростей.

3. Реки-водоприемники, протекающие по затопляемым поймам, должны иметь паводковый режим, исключая возможность отложения в пойме крупных песчаных наносов, но способствующий поступлению на пойму тонких илистых отложений, повышающих плодородие почвы.

4. Русло водоприемников-водотоков должно быть устойчиво на всем его протяжении.

Если водоприемник в своем естественном состоянии не удовлетворяет каким-либо из перечисленных требований, необходимо его регулирование.

### **§ 75. Причины неудовлетворительного состояния водоприемников; классификация водоприемников**

Причинами неудовлетворительного состояния водоприемников-водотоков (рек, ручьев, тальвегов) могут быть:

1) малые поперечные размеры русла водотока, недостаточные для пропуска паводковых и бытовых расходов;

2) извилистость русла, которая уменьшает продольный уклон, а следовательно, и пропускную способность водотока;

3) зарастание русла водной растительностью и кустарником, а также засорение его наносами, камнями, древесными остатками, что приводит к уменьшению его поперечного сечения и увеличению коэффициента шероховатости;

4) резкие колебания размеров русла по длине водотока, когда широкие и мелкие участки русла чередуются с более узкими, но более глубокими, чем вызывается неравномерное движение воды;

5) горный или всхолмленный характер водосбора водоприемника, обуславливающий бурное прохождение паводков, которое сопровождается высокими подъемами уровня воды даже при большом поперечном сечении русла;

Типы рек-водоприемников осушительных систем

Тип	Характер русла и берегов	Размеры русла, м		Уровень бытового горизонта от бровки
		ширина	глубина	
1	Еле заметное русло со слабо выраженными берегами, местами почти исчезает	—	—	Вровень с берегами
2	Хорошо выраженное русло с минеральными берегами и слабо выраженным береговым валом . . . . .	До 5	До 1,5	До 1 м и более
3	Хорошо выраженное русло с отвесными берегами, сверху торфяными . . . . .	10—15	До 2	До 0,5 м
4	Запльвшие торфяные берега, русло теряется в болотах и часто теряет свое направление . . . . .	10—15	До 2	Вровень с берегами
5	Хорошо выраженное русло в минеральных наносных берегах с выраженным прирусловым валом . . . . .	10—15	До 2	До 0,5 м
6	Напльвные торфяные берега, русло часто сплошь покрыто плавающим растительным покровом . . . . .	25—30	До 2	Вровень с берегами
7	Хорошо выраженное русло с торфяными или минеральными грунтами, перемежающееся с широкими и неглубокими плесами или зарастающими озерами . . . . .	До 10—15, на плесах до 50	До 2—2,5	До 0,5 м
8	Хорошо выраженное русло с оторфованными берегами, прирусловый вал отсутствует, дно покрыто разжиженным илом и торфяной бузой . . . . .	До 100	До 0,5	0,2—0,3 м
9	Хорошо выраженное русло с плотными минеральными берегами и развитым плоским береговым валом . . . . .	До 50	3—5	0,5 м и более
10	Хорошо выраженное русло в наносных минеральных берегах. Береговой вал выражен слабо. Русло разветвляется на рукава, образующие дельты в устьях рек . . . . .	До 100	3 и более	Почти вровень с берегами

6) высокое положение водоприемника по отношению ко всей осушаемой территории при вполне достаточной пропускной способности его русла;

7) подпор воды в водоприемнике искусственными сооружениями — плотинами, заколами для рыбной ловли, узкими отверстиями мостов и труб.

Причинами неудовлетворительного состояния водоприемников-водоемов могут быть:

1) подпор воды в водоеме естественными порогами и перекатами или искусственными сооружениями на вытекающих из него водотоках;

2) высокий подъем уровня воды в водоемах при прохождении паводков вследствие недостаточной их емкости;

3) подъем уровня воды в прибрежной зоне морей и на крупных озерах при нагонных ветрах, а также вследствие приливных явлений.

Под действием различных сочетаний перечисленных выше причин неудовлетворительного состояния водоприемников в естественных условиях образуется большое многообразие рек, которые применительно к использованию их в качестве водоприемников осушительных систем подразделяют на десять типов (по А. Д. Брудастову) (табл. 67).

## § 76. Способы регулирования водоприемников

Для устранения перечисленных выше причин неудовлетворительного состояния водоприемников применяют следующие способы их регулирования: 1) расширение и углубление русла; 2) спрямление извилистого русла; 3) расчистку русла от растительности и засорения; 4) выправительные работы для обеспечения равномерного движения воды; 5) частичную разгрузку водоприемника при прохождении паводков; 6) устранение местных подпоров; 7) снижение уровня воды в озерах; 8) обвалование водоприемников с осушением прилегающей территории при помощи механического водоподъема.

Русло водоприемника расширяют и углубляют в тех случаях, когда оно достаточно прямолинейно в плане и имеет значительные размеры, но недостаточные для пропуска расчетных расходов без подпора осушительной сети.

В зависимости от формы существующего поперечного сечения водоприемника размеры его русла можно увеличить следующими способами: расширением и углублением русла (рис. 129, а), только углублением при достаточной его ширине (рис. 129, б), только расширением при достаточной его глубине (рис. 129, в). При этом к расширению достаточно глубокого русла со срезкой задернелых устоявшихся откосов прибегают только в тех случа-

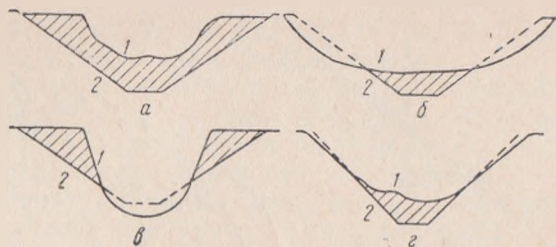


Рис. 129. Увеличение размеров существующего русла водоприемника:

*а* — уширением и углублением русла; *б* — одним углублением русла при достаточной его ширине; *в* — одним уширением при достаточной его глубине; *г* — небольшим углублением при приблизительно совпадении проектного и существующего заложения откосов; 1 — существующее сечение; 2 — сечение, принимаемое проектом.

ях, когда существующее русло имеет совершенно недостаточную ширину и для достижения расчетной площади поперечного сечения потребовалось бы весьма значительное углубление и без того узкого и глубокого русла. Если же существующее сечение почти совпадает с проектным, несколько уменьшают расчетное заложение откосов, чтобы не нарушать закрепившихся естественных откосов, а для обеспечения расчетной площади поперечного сечения несколько углубляют дно (рис. 129, *г*).

На крупных реках-водоприемниках, а также когда невозможен проход по заболоченным берегам сухопутных экскаваторов, работы по расширению и углублению русла выполняют с помощью плавучих экскаваторов, землечерпательных машин и землесосов.

На более мелких реках при возможности прохода сухопутных экскаваторов по берегам углубление и расширение русла водоприемников выполняют с помощью экскаваторов-драглайнов.

**Спрявление русла водоприемников.** Все равнинные реки, протекающие в наносных отложениях, отличаются значительной извилистостью русла, которая особенно велика у заболоченных рек, протекающих в берегах, сложенных торфяниками. Коэффициент извилистости таких рек (отношение длины реки по всем извилинам к длине прямой, соединяющей начальную и поперечную точку данного участка реки) достигает 2—3.

На извилистых реках падение уровней воды между двумя точками распределяется на большую длину, часть напора теряется бесполезно на закруглениях, вследствие чего река имеет малый гидравлический уклон и ее пропускная способность сильно снижается. Поэтому при регулировании водоприемников извилистые участки их необходимо спрямлять.

Если при этом существующее извилистое русло имеет незначительные размеры, совершенно нецелесообразно даже частично использовать его, так как условия движения воды по руслу,

приемника уменьшается и уровень воды в нем повышается. Поэтому расчистку водоприемника от растительности и от засорения выполняют, когда при регулировании его сохраняется старое русло, и только в тех случаях, когда согласно гидравлическому расчету пропускная способность и расчищенного русла оказывается недостаточной для пропуска расчетного расхода, расширяют и углубляют русло водоприемника.

Для расчистки водоприемников от водной погруженной и полупогруженной растительности применяют самоходные косилки, смонтированные на моторных лодках или понтонах.

Срезанную косилками растительность удаляют из рек-водоприемников экскаваторами = драглайнами со специальными решетчатыми ковшами. В некоторых случаях водную растительность можно срезать или вырывать простейшими орудиями: многозвенными цепными косами или простыми цепями с шипами.

Перспективным является химический способ уничтожения водной растительности гербицидами. В отличие от уничтожения наземной травянистой растительности в этом случае не опрыскивают растительность гербицидами, а их в виде гранул вносят на дно водотока. При растворении гранул в воде гербициды через корневую систему проникают в водные растения и уничтожают их.

С помощью таких же химических препаратов, которые в этом случае называются арборицидами, уничтожают кустарниковую растительность, растущую в русле и по берегам водоприемников. В первой половине лета, когда листва еще молодая, кустарник опрыскивают раствором арборицидов с помощью тракторных опрыскивателей. Через несколько месяцев после опрыскивания обработанный кустарник засыхает и отмирает.

Выправительные работы на реках-водоприемниках проводят в тех случаях, когда малая водопропускная способность их является следствием резких изменений размеров русла от узких, но глубоких участков до широких, но мелких. При таком состоянии русла движение воды в нем становится неравномерным, пропускная способность его уменьшается, сток замедляется и на наиболее широких и мелких участках русла откладываются взвешенные наносы.

Чтобы избежать этих явлений, необходимо расширить русло на узких участках и сузить его на широких, чтобы придать руслу на всем протяжении правильную форму с плавными поворотами динамической оси потока, при которой обеспечивается равномерное движение воды.

Для этих целей применяют два вида сооружений: струенаправляющие дамбы, которые выпрямляют динамическую ось потока, и водостеснительные сооружения, которые сужают расширенные участки русла. К выправительным работам относятся

также работы по укреплению берегов водоприемников, подвергающихся размыву.

Струенаправляющие дамбы (рис. 132) располагают в местах расширения водотока на некотором расстоянии от берега, параллельно проектируемой динамической оси потока. При таком расположении дамб весь расход потока проходит через суженное место между дамбой и противоположным берегом или между двумя дамбами; между дамбами и берегом скорость движения воды резко падает, вследствие чего здесь откладываются взвешенные наносы и образуются отмели, ограничивающие новое русло водотока.

Водостеснительные дамбы, которые называются также полузапрудами или бунами, располагают под углом  $100\text{--}110^\circ$  к оси русла водотока против течения обычно с обеих сторон расширения русла, подлежащего сужению. В некоторых случаях в конце каждой полузапруды устраивают короткие отрезки дамбы, расположенные в направлении оси водотока, которые образуют прерывистую струенаправляющую дамбу. В последнем случае полузапруды иногда называют траверсами.

Так же как и при строительстве струенаправляющих дамб, между полузапрудами скорость течения резко снижается и происходит отложение взвешенных наносов.

Расстояния между полузапрудами принимают от одной трети нормальной ширины на больших реках до трех четвертей ширины — на малых реках, но не более четырехкратной длины полузапруд.

Ширину русла  $B$  в месте сужения принимают равной средней ширине регулируемой реки.

Основной недостаток продольных струенаправляющих дамб — необходимость строительства их в глубоких местах, вследствие чего стоимость их возрастает, а уход за ними усложняется. Поперечные полузапруды значительно проще устраивать, выдвигая дамбы от берега к глубоким местам реки.

Главный недостаток поперечных полузапруд состоит в том, что действие их в полной мере начинается лишь после того, как промежутки между ними будут заполнены отложившимися нано-

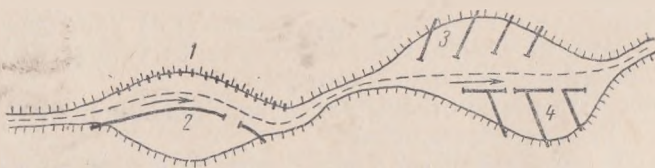


Рис. 132. Выправительные сооружения на водоприемнике:

1 — укрепленный берег; 2 — струенаправляющие дамбы; 3 — полузапруды (буны); 4 — полузапруды с отрезками струенаправляющих дамб (траверсы).

сами; продольные же струенаправляющие дамбы начинают действовать сразу после их возведения. Вторым недостатком полузапруд является образование водоворотов, которые могут вызвать местные размывы русла.

На малых и средних водотоках струенаправляющие дамбы и полузапруды устраивают в виде двух параллельных плетней с расстоянием между ними 1—2 м, которые через каждые 2—3 м стягивают поперечными плетнями. Образующиеся при этом плетневые клетки заполняют каменной наброской, а при отсутствии на месте строительства камня — утрамбованным грунтом. На более крупных реках с большими паводковыми расходами дамбы и полузапруды устраивают из фашин или из каменной наброски в зависимости от наличия материала.

Фашинные дамбы и полузапруды строят шириной по верху 2—3 м, с заложением откосов 1 : 1, из каменной наброски — шириной по верху 1—2 м, с заложением откосов 1 : 1,5. Во избежание обхода со стороны берега струенаправляющие дамбы и полузапруды врезают в берег реки не менее чем на 1—2 м.

Гребни дамб и полузапруд делают на 0,3—0,4 м выше бытового уровня воды в водоприемнике. При этом следует стремиться к тому, чтобы гребни их полностью затоплялись при весеннем ледоходе.

При проведении выправительных работ вследствие отклонения динамической оси потока от первоначального направления возможны случаи размыва берегов реки, противоположных тем, у которых строят струенаправляющие дамбы или полузапруды. Во избежание этого берега укрепляют на опасных участках.

Берегоукрепительные работы бывают необходимы также, независимо от проведения выправительных работ, на вогнутых участках берега, на излучинах, где часто наблюдается его подмыв и разрушение. Высота крепления должна быть выше уровня бытового горизонта и не ниже горизонта полного развития травянистой растительности.

В зависимости от характера разрушений и степени опасности размыва, применяют следующие типы укрепления берегов (по возрастающей надежности): 1) посев травосмесей; 2) покрытие дерном с укреплением его спицами; 3) крепление нижней части откоса фашинами, прибиваемыми кольями; 4) укрепление плетневыми клетками с укладкой в них дерна; 5) укрепление плетневыми клетками с каменной наброской.

Крутые, подмытые откосы укрепляют фашинной кладкой или сплошной каменной наброской.

Размываемый вогнутый берег можно также предохранить от дальнейшего разрушения отклонением динамической оси потока от берега с помощью направляющих щитов, установленных по системе проф. М. В. Потапова, образующих в потоке поперечную циркуляцию обратного направления (с направлением дон-

ных течений к вогнутому берегу), которая способствует отложению наносов у размываемого берега.

**Разгрузка водоприемников.** В ряде случаев горизонт воды в водоприемнике можно понизить путем разгрузки его при прохождении паводковых расходов. Это достигается или задержанием части паводковых вод на водосборе, или отводом части их по специальным разгрузочным каналам в обход наиболее трудных для регулирования участков водоприемника. В некоторых случаях возможен также отвод одного или нескольких притоков водоприемника за пределы естественного водосбора регулируемого водоприемника с выпуском их в водотоки, не требующие регулирования.

Разгрузка водоприемников путем задержания паводковых вод на водосборе может быть осуществлена на крупных реках, имеющих большие водосборные площади с разветвленной сетью притоков, на которых устраивают регулирующие водоемы, где задерживается часть паводковых вод. После прохождения паводка часть накопленной воды расходуется на месте на обводнение территории, часть сбрасывается в водоприемник в период летних бытовых расходов. Таким путем расчетные паводковые расходы в регулируемом водоприемнике могут быть снижены в некоторых случаях более чем на половину. Примером является проектная схема регулирования р. Припяти — главного водоприемника осушительных систем Полесья. По этой схеме предусматривается строительство на реках и ручьях водосборного бассейна р. Припяти 37 крупных водохранилищ и 2100 мелких прудов в совхозах и колхозах с общим полезным объемом 4,75 млрд. м<sup>3</sup>, в которых будет задержан сток с площади 7,3 млн. га, что составляет 48% всей площади, охваченной схемой.

Разгрузочные каналы, устраиваемые для уменьшения расхода воды в водоприемнике на наиболее неблагоприятных для регулирования участках, могут быть двух видов: отводные и перехватывающие.

Отводной канал выходит из регулирующего водоприемника выше неблагоприятного участка, обходит этот участок и снова впадает в водоприемник ниже разгружаемого участка. Для регулирования расходов воды по каналу в начале и в конце его устраивают шлюзы-регуляторы.

Отводным каналам целесообразно придавать двойной профиль. В бытовой период канал работает нижней частью своего сечения, ширину которого рассчитывают на пропуск бытового расхода, при прохождении же паводковых вод — полным сечением, пропуская паводковый расход за вычетом той его части, которая проходит по руслу реки.

Перехватывающие разгрузочные каналы устраивают в тех случаях, когда на неблагоприятном участке водоприемника в него впадают значительные притоки — ручьи или крупные магист-



ральные каналы (рис. 133). Перехватывающие каналы трассируют по повышенным участкам возможно ближе к коренному берегу поймы с таким расчетом, чтобы они могли служить и нагорными каналами для осушаемой поймы. Впуск их в водоприемник делают ниже неблагоприятного участка, где он имеет достаточные поперечные размеры и продольный уклон.

Особенно полезно устраивать перехватывающие каналы в тех случаях, когда выпадающие в водоприемник притоки несут значительное количество наносов, которые при отсутствии перехватывающих каналов будут откладываться в русле водоприемника.

**Устранение местных подпоров.** В районах выходов на дневную поверхность скальных пород реки и ручьи обычно имеют порожистый характер. Глубокие и широкие плесы, к которым часто прилегают обширные болота и заболоченные низины, чередуются с порогами, сложенными или выходами скальных пород, или скоплениями крупных валунов. В таких случаях регулирование водоприемников сводится к углублению и расширению русла на порогах. Это всегда связано с производством взрывных работ для выемки скального грунта или расчистки скоплений валунов.

Во многих случаях местные подпоры воды в водоприемниках вызываются самовольным устройством искусственных заграждений — заколов для ловли рыбы, запруд для создания мелких водоемов для бытовых нужд (стирка белья, купанье и т. п.), а также завалами для переезда и перехода. Для снижения горизонта воды в водоприемнике до требуемого уровня часто оказывается достаточным уничтожение этих заграждений.

Если подпор воды в водоприемнике вызывается построенными на нем плотинами (лесосплавными, местных гидроэлектростанций или водяных мельниц), вопрос об их сносе или переустройстве в каждом отдельном случае решается исходя из соображений экономической и народнохозяйственной целесообразности. Во многих случаях противоположные интересы осушения, лесосплава и использования гидроэнергии могут быть взаимно увязаны.

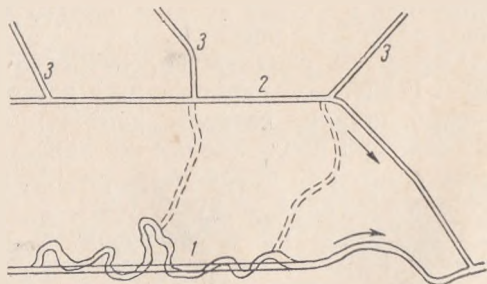


Рис. 133. Разгрузка водоприемника с помощью перехватывающего канала:

1 — водоприемник; 2 — перехватывающий канал; 3 — каналы осушительной сети.

**Понижение уровня воды в водоемах.** Если водоприемником осушительной системы служит крупный водоем (озеро, пруд) и если уровень воды в нем подпирает эту систему, вопрос о снижении его уровня также решается с учетом требований водного транспорта, лесосплава, рыбного хозяйства. С учетом всех этих требований устанавливают согласованную отметку уровня воды в водоеме.

В большинстве случаев из водоемов спускают только часть воды, в результате чего осушается лишь периферийная часть водоема, а наиболее глубокая центральная остается под водой. К полному осушению водоемов со сбросом из них всего объема воды прибегают лишь в редких случаях, когда это необходимо для обеспечения требуемой нормы осушения на прилегающих землях и когда водоемы не представляют ценности для удовлетворения нужд других отраслей народного хозяйства.

Наиболее простым способом понижения уровня воды в водоприемнике-водоеме является углубление русла существующего водотока, вытекающего из водоема, или устройство нового водоотводного канала. Если водоем освобождается от воды полностью, глубина водоотводного канала должна быть установлена с расчетом осушения освободившегося из-под воды дна водоема под сельскохозяйственное использование.

Если для самотечного сброса воды из водоема водоотводный канал необходимо прокладывать в глубокой выемке, его заменяют закрытым трубопроводом или туннелем, который прорезает высокий берег водоема. Перед входным отверстием в туннель устраивают осадочный бассейн в виде широкого канала для отложения в нем песчаных наносов, а в самом входе в туннель устанавливают защитную решетку, предохраняющую его от попадания мусора. Для возможности очистки трубопровода или туннеля от наносов на нем устраивают смотровые колодцы или шахты, идущие от верха трубы до поверхности земли.

Перед входом в водоотводной открытый канал или в туннель устраивают шлюз, с помощью которого можно поддерживать уровень воды в регулируемом водоеме на установленной отметке.

Если устройство водоотводного канала или туннеля связано с выполнением большого объема работ, высокая стоимость которых делает его нерентабельным, уровень воды в водоприемнике-водоеме можно понизить механической перекачкой части воды из него в проходящий поблизости ручей или реку или в другой, более крупный водоем.

При полном освобождении водоема с использованием дна его под посевы сельскохозяйственных культур почву дна необходимо тщательно исследовать на содержание в ней вредных химических соединений и в случае необходимости провести мероприятия по улучшению ее химических и физических свойств.

Если уровень воды в водоприемнике-водоеме (море, большом озере, крупном искусственном водохранилище) понизить невозможно, приходится устраивать осушительные системы с механическим водоподъемом, о которых будет сказано в главе 19.

### § 77. Порядок работ по составлению проекта регулирования водоприемника

Основной задачей регулирования реки-водоприемника является создание такого русла реки, которое удовлетворяло бы всем требованиям, предъявляемым к водоприемникам, изложенным в § 74.

Работы по составлению проектов регулирования рек-водоприемников выполняют в следующем порядке:

- 1) по материалам изысканий ориентировочно устанавливают участки водоприемника, на которых требуется его регулирование;
- 2) исходя из свойств почвогрунтов, определяют форму поперечного сечения русла;
- 3) определяют расчетные модули стока и расходы;
- 4) проводят предварительный гидравлический расчет и приближенно определяют необходимый продольный уклон дна водоприемника;
- 5) проектируют трассу водоприемника в плане;
- 6) проектируют продольный профиль по намеченной трассе;
- 7) проектируют поперечные профили русла и производят окончательный гидравлический расчет;
- 8) проектируют на плане размещение сооружений по трассе и подбирают для них типовые проекты.

Участки водоприемника, на которых необходимо его регулирование, ориентировочно определяют по данным мелиоративных изысканий: плану, продольному профилю и поперечным сечениям существующего русла, исключая участки, на которых водоприемник имеет правильное русло и заведомо достаточные размеры.

В некоторых случаях в ходе проектирования приходится увеличивать предварительно намеченные участки регулирования или сокращать их.

Наиболее устойчивой формой поперечного сечения русла реки является параболическая, которую обычно принимают русла рек в естественном состоянии. Поэтому и при создании искусственного русла рек-водоприемников следует придавать ему параболическое сечение с параметром параболы, соответствующим той форме сечения, которую в данном грунте имеет естественное русло реки на устойчивых участках. Величину этого параметра можно определять по формуле:

$$p = \frac{a^2}{8h}, \quad (\text{II}-31)$$

где  $a$  и  $h$  — средняя ширина по верху и средняя глубина естественного русла на устойчивых участках.

Если русло регулируемой реки не имеет характерных устойчивых участков, параметр параболы для устойчивого сечения русла определяют по таблице 68.

ТАБЛИЦА 68

**Значения параметра параболы для устойчивых сечений параболической формы**

Наименование грунтов	Параметр параболы $p$ при расчетной глубине бытовых вод	
	до 0,5 м	0,5—1,0 м
Торфяные грунты при степени разложения более 50% . . . . .	2,5—4,0	4,5—8,0
Супеси и крупнозернистые пески . . . . .	2,5—4,0	4,5—8,0
Мелкозернистые пески . . . . .	6,0—9,0	12,0—18,0
Иловатые аллювиальные суглинки . . . . .	4,0—6,0	8,0—12,0

На малых речках и ручьях, на которых отрегулированный водоприемник представляет собой магистральный канал глубиной до 2,0 м, проектируют русло трапецеидального сечения.

Заложение откосов принимают при этом на 0,25—0,50 больше заложений откосов, принимаемых в соответствующих грунтах для магистральных каналов, приведенных в таблице 55.

Гидрологический и гидравлический расчеты водоприемников выполняют так же, как и расчеты магистральных каналов с учетом следующих особенностей.

При гидрологическом расчете водоприемников, как правило, не пользуются расчетными эмпирическими формулами, а определяют расчетный модуль стока по данным непосредственных наблюдений на водотоке или по реке-аналогу.

При проходе летне-осенних паводков не допускается работа водоприемников полным сечением. Эти расходы должны проходить при положении уровня воды на 0,1—0,2 м ниже бровки.

На пропуск расхода весенних паводковых вод водоприемники обычно не рассчитывают. Проверяют лишь возможность возникновения размывающих скоростей при полном заполнении русла водоприемника. Только в исключительных случаях, когда в непосредственной близости от водоприемника необходимо размещать озимые культуры или ценные многолетние насаждения, водоприемник рассчитывают на пропуск весеннего паводкового расхода при полном заполнении русла.

После определения расчетных расходов всех периодов выполняют предварительный (приближенный) расчет водоприемника.

Задаваясь оптимальной средней скоростью при проходе бытового расхода  $v_6 = 0,3 \div 0,4$  м/сек и зная расчетный расход бытовых вод  $Q_6$ , определяют площадь живого сечения при пропуске бытового расхода:

$$\omega_6 = \frac{Q_6}{v_6} \quad (\text{II—32})$$

При параболической форме сечения русла:

$$\omega = 0,67ah = ah_{\text{ср}}, \quad (\text{II—33})$$

где  $a$  — ширина живого сечения по верху (по урезу воды);

$h$  — наибольшая глубина воды;

$h_{\text{ср}}$  — средняя по сечению глубина воды.

При значительном (в несколько раз) превышении ширины русла над его глубиной приближенно можно принимать гидравлический радиус равным средней глубине русла  $R = h_{\text{ср}}$ .

Тогда, пользуясь формулой Шези, будем иметь:

$$v_6 = \frac{Q_6}{ah_{\text{ср}}} = C\sqrt{Ri} = C\sqrt{h_{\text{ср}}i}, \quad (\text{II—34})$$

где  $i$  — продольный уклон водоприемника.

Определяя из последнего равенства  $i$ , получим формулу для вычисления минимального уклона водоприемника, при котором при некотором выбранном значении  $h_{\text{ср}}$  будет достигнута оптимальная средняя скорость движения бытовых вод:

$$i_{\text{мин}} = \frac{v_6^2}{C^2 h_{\text{ср}}} \quad (\text{II—35})$$

Скоростной коэффициент  $C$  при этом определяют по сокращенной формуле Павловского (II—29), а величины  $a$  и  $h_{\text{ср}}$  устанавливают, исходя из существующих типовых размеров русла водоприемника на устойчивых участках.

Получив приближенное значение минимального уклона, проверяют принятое сечение на пропуск предпосевных и летних паводковых вод и в случае необходимости изменяют принятое поперечное сечение и продольный уклон дна с тем, чтобы обеспечить требуемое положение уровней воды при пропуске этих расчетных расходов.

Затем вычисленный и уточненный таким образом минимальный уклон дна сравнивают с действительным уклоном реки по существующему руслу и таким образом определяют, на каких участках и насколько должна быть уменьшена длина водотока путем спрямлений.

Если при этом окажется, что вычисленный минимальный уклон превышает естественный даже при условии проведения самых решительных спрямлений, уменьшают принятую в начале расчета оптимальную среднюю скорость течения при проходе бытовых вод и повторяют весь расчет.

После установления требуемого минимального уклона приступают к проектированию трассы водоприемника в плане. В первую очередь намечают все спрямления русла с таким расчетом, чтобы на всем протяжении уклон дна был возможно ближе к вычисленному. Если этого добиться не удастся, стараются проектировать трассу с таким расчетом, чтобы уклон дна постепенно увеличивался к устью реки.

При проектировании трассы водоприемников, обычно проходящих по тальвегам или в поймах, неизбежны частые повороты трассы, но всегда следует стремиться по возможности сокращать их число.

Во избежание размыва откосов внутренние углы поворотов принимают в пределах  $120^{\circ}$ — $240^{\circ}$ , с разбивкой на них закруглений с радиусом, равным десятикратной ширине русла по верху.

По спроектированной в плане трассе составляют продольный профиль водоприемника. На этом профиле отмечают устья всех осушительных каналов, впадающих в регулируемый водоприемник, и наносят в каждом устье отметки расчетных уровней воды во все расчетные периоды, после чего окончательно проектируют дно водоприемника так, чтобы была обеспечена работа осушительных каналов без подпора во все расчетные периоды, кроме весеннего паводка.

Если невозможно запроектировать равномерный продольный уклон или увеличение его к устью, то нужно стремиться к тому, чтобы уменьшение его в нижней части было постепенным, без резких изменений в одной точке. Уклоны дна рек-водоприемников менее 0,0002 допускаются только в порядке исключения на отдельных коротких участках.

При проектировании продольных профилей водоприемников, проходящих в торфах, особенно при переходе трассы с минеральных участков на торфяные и обратно, необходимо учитывать осадку поверхности осушаемого болота и дна водоприемника, пользуясь формулами (II—11)—(II—14) и указаниями, приведенными в § 53.

После окончательного проектирования дна водоприемника выполняют полный гидравлический расчет его так же, как расчет магистральных каналов (см. § 64). Расчетные створы по водоприемникам берут в следующих точках: в самом нижнем сечении регулируемого русла, непосредственно выше каждой точки изменения продольного уклона, в самой верхней точке регулируемого участка и, кроме того, выше и ниже впадения крупных притоков и магистральных каналов.

## § 78. Влияние регулирования водоприемника на затопление поймы

Выше указывалось, что только в редких случаях регулируемые водоприемники рассчитывают на пропуск весенних паводковых вод. Обычно же пойменный режим на землях, непосредственно прилегающих к водоприемнику, остается, но характер его значительно изменяется. На землях, прилегающих к регулируемому участку водоприемника, продолжительность, площадь и глубина затопления уменьшаются, а на пойме, расположенной ниже регулируемого участка водоприемника, увеличиваются.

По подробной карте поймы, получаемой в результате мелиоративных изысканий, составляют график связи между модулем стока, на который рассчитывают русло водоприемника, и высотой и площадью затопления поймы. Если при естественном состоянии водоприемника затопление поймы начинается при модуле стока  $q_0$  и доходит до максимальной высоты и площади затопления при модуле стока  $q_{\text{макс}}$ , то по кривой значений модулей стока можно легко определить требуемый расчетный модуль стока  $q_p$ , при котором максимальная высота затопления уменьшится до заданной высоты  $h$ , а максимальная площадь затопления — до заданной величины  $\omega_p$ .

Увеличение высоты и площади затопления на участках поймы, лежащих ниже регулируемого водоприемника, происходит вследствие того, что с увеличением расчетного модуля стока на регулируемом участке повышается количество воды, поступающей на нижележащую часть поймы, за счет той воды, которая до регулирования водоприемника шла на затопление верхней части поймы. На основании данных изысканий и гидрометрических наблюдений можно определить, насколько увеличился модуль стока на нижележащие участки поймы. Зная величину  $\Delta q$ , можно построить график, аналогичный рассмотренному, и определить вероятные величины увеличения высоты и площади затопления поймы ниже регулируемого участка водоприемника.

В качестве примера значительного изменения поемного режима реки после ее регулирования можно привести р. Плюссу в Псковской области, где средний уровень весенних паводковых вод после регулирования понизился на 0,32 м и пойма стала освобождаться от воды на 10 дней раньше.

### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 16.* Ознакомление с проектом регулирования водоприемника. Для проведения занятий необходимо иметь проект регулирования водоприемника в нескольких экземплярах, чтобы одна копия проекта приходилась на 2—

3 учащихся. В таком же количестве следует иметь копии пояснительных записок.

В результате ознакомления с проектом учащиеся должны ответить на следующие вопросы:

1. Наименование реки; административное положение регулируемого участка (республика, область, район); осушительные системы, сбрасывающие воду в водоприемник.

2. Географическое положение водоприемника: указать, к бассейну какой реки-водоприемника старшего порядка принадлежит регулируемая река; на каком расстоянии от ее устья расположен регулируемый участок.

3. Краткая характеристика водоприемника; тип реки (по А. Д. Брудастову) и причины неудовлетворительного состояния водоприемника. Грунты. Характер прохождения весенних и летне-осенних паводков.

4. Цели регулирования; способы регулирования, принятые в проекте.

5. Расчетные расходы и порядок их определения. Обеспеченность расходов.

6. Основные технические условия для проектирования, принятые в проекте:

- а) заложение откосов и параметры параболических сечений;
- б) допускаемые максимальные и минимальные скорости;
- в) проектируемый уклон и коэффициенты шероховатости;
- г) заполнение русла в различные периоды.

7. Механизмы, запроецированные для разработки грунта и способы производства работ.

8. Результаты, которые должны быть получены после осуществления проекта.

9. Стоимость проектируемых работ (общая и на 1 км регулируемого участка).

Перечень вопросов уточняется в соответствии с содержанием проекта.

Ответы на вопросы излагаются в письменном виде в отдельной тетради для практических занятий.

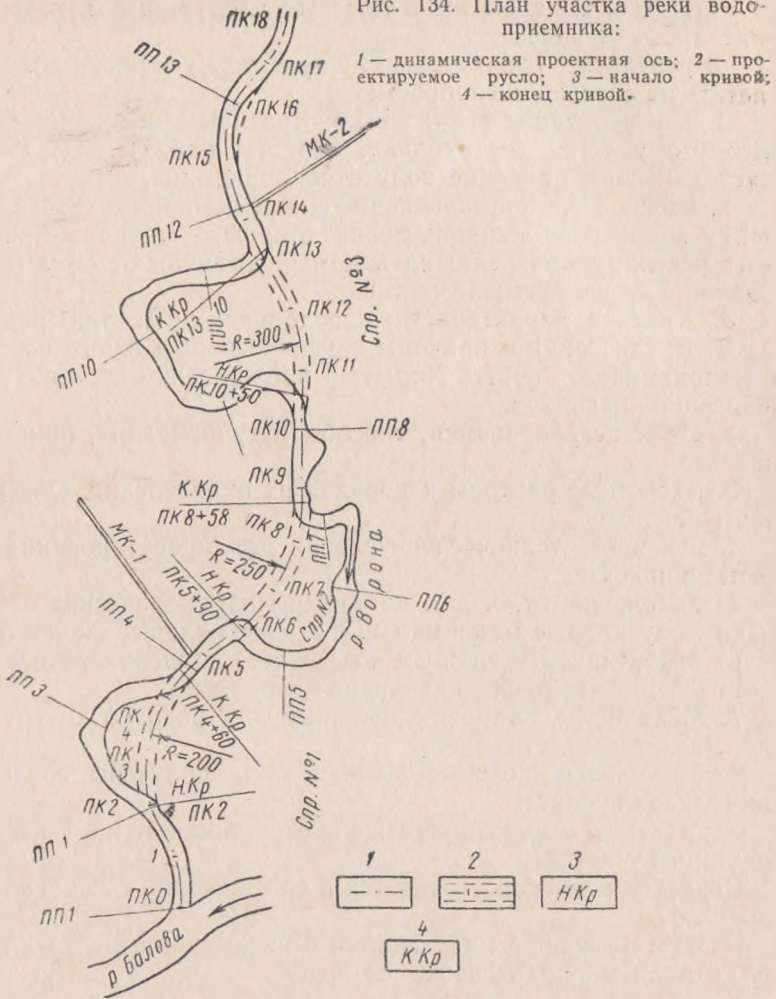
*Упражнение 17.* Расчет спрямления русла и проектирование продольного и поперечного профилей водоприемника. Небольшая река Ворона проектируется в качестве водоприемника для двух магистральных осушительных каналов.

Река протекает в аллювиальных суглинках; русло хорошо выраженное, извилистое; участки русла более или менее правильной формы, имеют ширину русла 10—15 м и чередуются с неглубокими плесами шириной до 40—30 м (рис. 134).

Средняя глубина русла  $h=2$  м с колебаниями от 1,5 до 2,5 м. По классификации А. Д. Брудастова река относится к 7-му типу.



Рис. 134. План участка реки водо-приемника:



Бытовой горизонт воды в реке располагается только на 0,4—0,6 м ниже бровок, поэтому река будет во все периоды года создавать подпор в осушительных каналах.

При изысканиях промерные створы разбивались через 100 м, по их результатам составлен развернутый продольный профиль (рис. 135, на профиле промеры даны через 200 м).

Расчет ведется от створа 1 при впадении р. Вороны в р. Болову до створа 14. Общее протяжение этого участка реки  $L = 2600$  м. Разность отметок воды в бытовой период в начале и конце участка  $\Delta h = 36,44 - 36,10 = 0,34$  м.

Средний гидравлический уклон реки  $I = \frac{\Delta h}{L} = \frac{0,34}{2600} = 0,00013$ .

На отдельных извилистых участках при наличии плесов уклон уменьшается до 0,00005 и только в устье реки он увеличивается до 0,0003. Скорости течения в межень не превышают 0,10—0,15 м/сек.

Учитывая высокое стояние воды, малые уклоны и скорости, регулировочные работы необходимо провести по всему участку реки.

Предварительно намечаем форму сечения проектного русла. Так как в паводки река пропускает значительные расходы, прием параболическое сечение русла. Для определения параметра параболы используем замеры наиболее устойчивых сечений русла, выполненных во время изысканий. При средней ширине русла по верху  $a = 12,5$  м и средней глубине  $h = 2,0$  м значение параметра  $p$  определим по формуле (II—31):

$$p = \frac{a^2}{8h} = \frac{12,5^2}{8 \cdot 2} = 9,8. \text{ Принимаем } p = 10,0.$$

Так как данных гидрометрических наблюдений по р. Вороне нет, для определения расчетных расходов используем данные гидрометрического поста, расположенного на р. Балове в 6 км выше устья водоприемника.

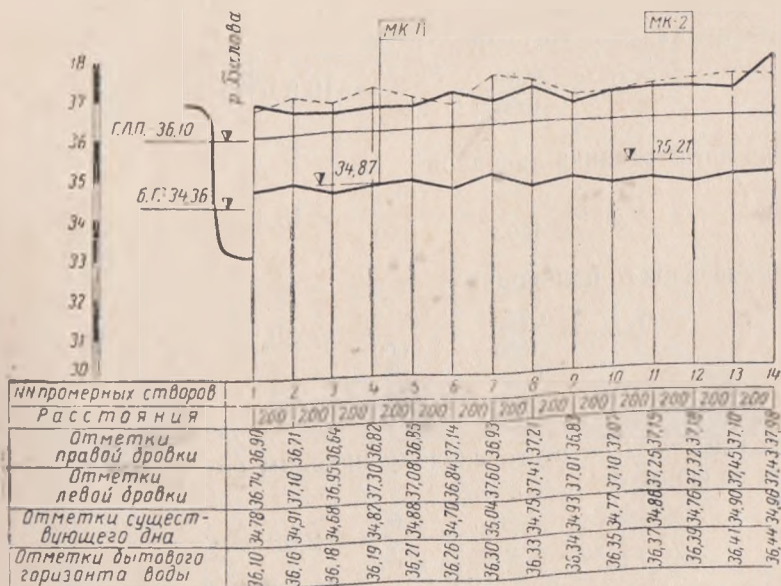


Рис. 135. Продольный профиль водоприемника до регулирования.

Площадь водосбора реки в створе гидропоста  $\omega_a = 287 \text{ км}^2$ .

По данным гидропоста модули стока 10%-ной обеспеченности:

бытового периода  $q_{б.ан} = 4,5 \text{ л/сек/км}^2$ ;  
предпосевного периода  $q_{пр.ан} = 76 \text{ л/сек/км}^2$ ;  
периода летне-осенних паводков  $q_{л.п.ан} = 11 \text{ л/сек/км}^2$ ;  
весеннего половодья  $q_{макс.ан} = 185 \text{ л/сек/км}^2$ .

Площадь водосбора р. Вороны в устье  $\omega = 135 \text{ км}^2$ .

Предпосевной и бытовой модули стока принимаем без изменения. Модули стока летне-осенних паводков определяем по формуле (II—17):

$$q_{л.п} = q_{л.п.ан} \sqrt{\frac{\omega_{ан}}{\omega}} = 76 \sqrt{\frac{287}{135}} = 112 \text{ л/сек/км}^2.$$

Для периода весеннего половодья по формуле (II—16):

$$q_{макс} = q_{макс.ан} \sqrt[4]{\frac{\omega_{ан}}{\omega}} = 185 \sqrt[4]{\frac{287}{135}} = 224 \text{ л/сек/км}^2.$$

Расчетные расходы р. Вороны определяем по формулам: для бытового периода

$$Q_b = \frac{q_b \omega}{1000} = \frac{4,5 \cdot 135}{1000} = 0,607 \text{ м}^3/\text{сек};$$

для предпосевного периода

$$Q_{пр} = \frac{q_{пр} \omega}{1000} = \frac{76 \cdot 135}{1000} = 10,3 \text{ м}^3/\text{сек};$$

для летне-осенних паводков

$$Q_{л.п} = \frac{q_{л.п} \omega}{1000} = \frac{112 \cdot 135}{1000} = 15,1 \text{ м}^3/\text{сек};$$

для весеннего половодья

$$Q_{макс} = \frac{q_{макс} \omega}{1000} = \frac{224 \cdot 135}{1000} = 30,2 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Определяем необходимый уклон водоприемника из условия, чтобы скорость течения воды в бытовой период была не менее  $v_b = 0,3 \text{ м/сек}$ . Для этого сначала находим площадь живого сечения по формуле:

$$\omega_b = \frac{Q_b}{0,30} = \frac{0,607}{0,30} = 2,02 \text{ м}^2.$$

Принимая среднюю глубину воды в бытовой период  $h_{ср} = 0,4 \text{ м}$ , гидравлический радиус  $R \approx h_{ср} = 0,4 \text{ м}$  и коэффициент

шероховатости  $n=0,035$ , найдем значение скоростного коэффициента  $C$  по сокращенной формуле Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/7} = \frac{1}{0,035} 0,4^{1/7} = 25,0.$$

Тогда минимально допустимый уклон

$$i = \frac{v_0^2}{C^2 R} = \frac{0,30^2}{25^2 \cdot 0,4} = 0,00036.$$

Найдем подбором глубину воды и скорости течения воды в другие периоды при этом уклоне.

Выполним гидравлический расчет реки для различных периодов.

Предпосевной период:  $Q_{np} = 10,3 \text{ м}^3/\text{сек}$ ;  $n=0,030$ .

Принимаем глубину  $h_{np} = 1,80 \text{ м}$ .

Ширина живого сечения по верху  $a = 2\sqrt{2ph} = 2\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1,8} = 12 \text{ м}$ . Площадь живого сечения  $\omega = 0,67 ah = 0,67 \cdot 12 \cdot 1,8 = 14,4 \text{ м}^2$ . Смоченный периметр для широких русел можно

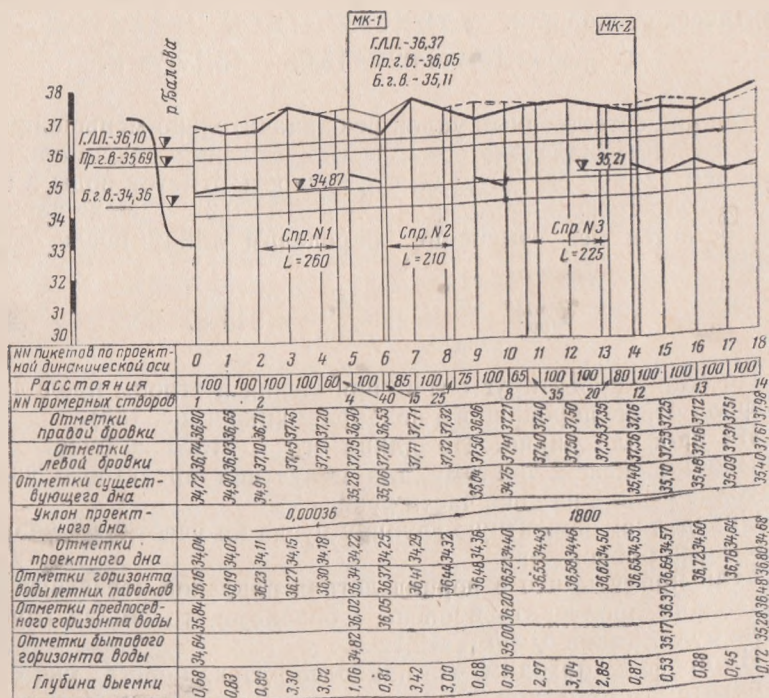


Рис. 136. Продольный профиль отрегулированного водоприемника.

приближенно принимать равным ширине живого сечения по вер-ху:  $\chi = 12$  м.

$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{14,4}{12} = 1,20$  м скоростью коэффициент  $C$  определяем по таблице (по полной формуле Павловского):  $C = 34,8$ .

Скорость течения воды  $v = C \sqrt{Ri} = 34,8 \cdot \sqrt{1,20 \cdot 0,00036} = 0,72$  м. Допустимая скорость течения воды при  $R = 1$  м составляет  $v = 0,70$  м/сек, а при  $R = 1,20$  м —  $v_{\text{доп}} = 0,70 \sqrt{1,20} = 0,74 > 0,72$  м/сек.

Расход  $Q = \omega v = 14,4 \cdot 0,72 = 10,36 = 10,3$  м<sup>3</sup>/сек.

Аналогично для периода летне-осенних паводков получаем:

$Q_{\text{л.п}} = 15,1$  м<sup>3</sup>/сек;  $n = 0,030$ ; принимаем  $h = 2,12$  м.

$a = 13,0$  м;  $\chi \approx a = 13,0$  м;  $\omega = 0,67ah = 18,4$  м<sup>2</sup>;

$R = \frac{\omega}{\chi} = 1,41$ ;  $C = 36,2$ .

$v = C \sqrt{Ri} = 0,82$  м/сек.

Допустимая скорость  $v_{\text{доп}} = 0,79$  м/сек, что немного меньше фактической скорости.

$Q = \omega v = 19,4 \cdot 0,82 = 15,05 = 15,1$  м<sup>3</sup>/сек.

Так как естественный уклон реки значительно меньше проектного, то для увеличения его путем спрямлений максимально сокращаем длину реки. Считая, что разность отметок воды в начале и в конце регулируемого участка  $\Delta h = 0,34$  м после спрямления остается без изменения, определим длину после спрямления:

$$L_{\text{пр}} = \frac{\Delta h}{i_{\text{пр}}} = \frac{0,34}{0,00036} = 945 \text{ м.}$$

На плане проектируем три спрямления и строим продольный профиль отрегулированного водоприемника (рис. 136).

Из профиля видно, что длина его  $L = 1800$  м будет много больше проектной, поэтому для получения проектного уклона углубляем дно в нижней части реки.

Определяем проектную глубину русла на участках с низкими отметками бровок реки.

Если принять, что в период летних паводков расчетный расход можно пропускать вровень с бровками, то общая глубина русла будет равна  $h_p = h_{\text{л.п}} = 2,12$  м.

На профиле находим, что наиболее низкие берега реки будут на пикете 6 с отметкой 36,53; тогда отметка дна на этом пикете будет:  $36,53 - 2,12 = 34,41 \approx 34,40$  м. От этой отметки дна с укло-

ном  $i = 0,00036$  проводим линию дна вверх и вниз по течению. Прибавляя к отметкам дна глубину воды в бытовой период ( $h_6 = 0,6$  м), в предпосевной и летнепаводковый периоды, найдем соответствующие отметки горизонтов воды; как видно из профиля, расходы проходят с допустимыми уровнями воды и без подтопления дна осушительных каналов. Только в устье магистрального канала М-1 предпосевной горизонт воды в реке, имеющий отметку 36,17 м, на 0,12 м превышает отметку предпосевного горизонта воды в магистральном канале.

Чтобы не было подтопления, водоприемник углубляем на 0,15 м и окончательно заполняем все графы профиля.

Так как проектируемый уклон оказался без изменения, поверочного гидравлического расчета не выполняем.

На трассе между пикетами 9 и 10, совпадающими с большим плесом, проектируем буны и в отдельных местах проектируем уширение русла, а откосы русла выше предпосевного горизонта засеваем травами во избежание размыва.

#### ГЛАВА 18

### БОРЬБА С ПОДТОПЛЕНИЕМ И МЕЛКОВОДНЫМ ЗАТОПЛЕНИЕМ

#### § 79. Комплексная мелиорация пойм

**Задачи мелиорации пойм.** Пойменные земли, затопляемые весенними разливами рек, широко распространены по всей территории СССР. Отличительные особенности всех пойменных земель: повышенная степень увлажнения и богатство их питательными веществами, необходимыми для роста культурных растений.

Водный режим пойменных земель определяется ежегодным затоплением их паводковыми водами и выклиниванием грунтовых вод у подножья коренных берегов поймы. Питательные вещества в основном поступают на пойму вместе с этими водами, а также образуются и на самой пойме в результате активно протекающих здесь биологических процессов. Степень накопления питательных веществ зависит от географического положения поймы (поймы северных рек значительно беднее, чем поймы южных) и очень неравномерна в пределах одной и той же поймы. Наиболее плодородной является центральная часть поймы, где отлагается более тонкий наил. Прилегающий к руслу реки береговой нал, на котором отлагаются крупнопесчаные наносы, и притеррасная заболоченная часть поймы, на которой отложения наилка незначительны, гораздо менее плодородны.

На более плодородных и повышенных участках пойм, где грунтовые воды стоят на глубине, соответствующей норме осушения для данной культуры, без проведения мелиоративных мероприятий получают высокие урожаи овощей, картофеля, высокопродуктивных кормовых культур и многолетних трав. На пониженных заболоченных участках и на пойменных болотах высокие урожаи можно получить только при проведении мелиоративных работ, причем эффект мелиораций здесь всегда выше, чем на непойменных землях.

Таким образом, поймы малых и средних рек являются весьма ценным фондом плодородных земель, пригодных для возделывания интенсивных сельскохозяйственных культур, в особенности овощных культур и картофеля, для снабжения близко расположенных промышленных центров и крупных населенных пунктов. Однако в большинстве случаев для использования пойм в сельском хозяйстве на них необходимо провести комплекс мелиоративных работ.

Главная задача мелиорации на пойменных землях — регулирование пойменного режима реки, которое заключается в регулировании высоты и продолжительности затопления поймы, а также в быстром сбросе паводковых вод, затопивших пойму, после того, как река войдет в берега.

Вторая задача мелиорации пойм — регулирование притока вод с окружающего водосбора. Воды, стекающие с распаханых водосборов, несущие плодородный ил, должны распределяться по возможно большой площади для осаждения ила (см. главу 16). Воды лесных водосборов, не содержащие плодородного ила, системой нагорных каналов следует сбрасывать в реку, не допуская их на пойму.

Третья задача мелиорации пойм состоит в устройстве открытой или закрытой осушительной сети для обеспечения требуемого режима влажности почвы в течение летнего и осеннего периода после освобождения поймы от весенних паводковых вод.

**Общая схема мелиорации пойм.** Комплекс гидромелиоративных мероприятий при осушении пойм обычно состоит из трех основных частей (рис. 137):

- 1) защитных дамб, ограждающих осушаемую территорию от затопления паводковыми водами;
- 2) сети нагорных и ловчих каналов, ограждающих пойму от притока вод с внешнего водосбора;
- 3) открытой или закрытой осушительной сети на самой осушаемой территории.

Кроме того, в случае необходимости на пойме проектируют системы орошения для овощей, пропашных культур и многолетних трав. При этом регулирующую, оградительную и проводящую сеть осушительных каналов, а также системы дож-

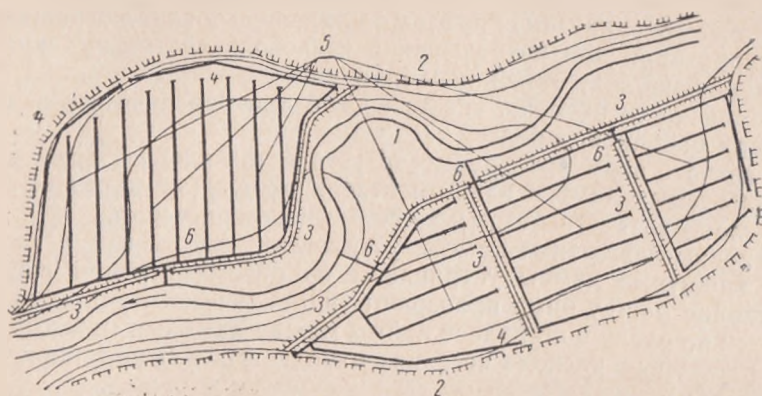


Рис. 137. Схема комплексной мелиорации поймы:

1 — река; 2 — коренные берега поймы; 3 — оградительные дамбы; 4 — нагорные каналы; 5 — осушительные каналы; 6 — шлюзы.

девания на пойменных землях проектируют и строят по правилам и техническим нормам, изложенным в предыдущих главах.

Для обеспечения осушения обвалованной территории во время паводков на осушительных системах, устраиваемых на поймах, необходимо строить насосные станции для откачки отводимых системой вод в реку-водоприемник в период высокого стояния уровня воды в нем (см. главу 19).

**Обвалование пойменных земель.** Защитные дамбы для ограждения от затопления пойменных земель паводковыми водами могут быть или незатопляемые (весенние), или затопляемые (летние). Незатопляемые дамбы устраивают в тех случаях, когда необходимо предохранить осушаемую площадь от затопления в течение всего года, включая период весеннего паводка. Затопляемые дамбы устраивают для ограждения от затопления только во время летних и осенних паводков.

Обвалование территории незатопляемыми дамбами имеет следующие существенные недостатки:

1) на огражденных землях не происходит отложения плодородных наилок, которые несут весенние полые воды;

2) во время прохождения весеннего паводка значительно повышается уровень воды в русле реки, вследствие чего увеличивается фильтрация через тело дамб и под дамбами и возможен подъем грунтовых вод на огражденной территории;

3) увеличивается опасность прорывов дамб, которые в этом случае могут принести большой материальный ущерб;

4) вследствие увеличения высоты и объема дамб значительно увеличивается стоимость работ по обвалованию.

Главные недостатки затопляемых дамб:



1) очень ограниченная возможность использования ограждаемой территории для возделывания сельскохозяйственных культур, требующих весенней вспашки;

2) опасность размыва гребней дамб при переливе через них весенних паводковых вод.

В связи с этим необходимость устройства затопляемых или незатопляемых дамб в каждом отдельном случае должна быть обоснована хозяйственным и экономическим расчетом.

Основные защитные дамбы устраивают вдоль русла реки. Если защитные дамбы устраивают по обеим сторонам русла, расстояние между ними проверяют гидравлическим расчетом на пропуск по руслу и по полосе поймы между дамбами максимального расчетного расхода весенних паводковых вод при принятой высоте дамб.

При ограждении от затопления больших площадей, кроме продольных дамб, вдоль русла реки устраивают поперечные дамбы, которые проходят от продольной дамбы до коренного берега поймы. Такими дамбами обычно ограждают наиболее ценные участки поймы, чтобы они не затапливались в случаях возможных прорывов продольной дамбы.

Высоту дамб определяют в зависимости от высоты расчетного горизонта паводковых вод в русле реки с учетом сужения потока этих вод в результате строительства дамб.

Возвышение гребня защитных дамб над расчетной отметкой ветровой волны принимают равным 0,3 м.

Во избежание повреждения затопляемых дамб льдом при ледоходе отметка гребня их должна быть на 0,3—0,6 м ниже расчетного уровня паводковых вод.

Защитные дамбы насыпают из местного грунта. Ширину дамб по гребню принимают: при высоте дамбы до 1,0 м — 0,5 м, при высоте от 1,0 до 1,5 м — 1,0 м и при высоте от 1,5 до 3,0 м — 1,5 м.

Заложения откосов защитных дамб приведены в таблице 69.

ТАБЛИЦА 69

Заложение откосов защитных дамб

Типы дамб	Дамбы из связных грунтов (глин, суглинков и тяжелых супесей)		Дамбы из несвязных грунтов (песков и легких супесей)	
	верховой откос	низовой откос	верховой откос	низовой откос
Незатопляемые . . . . .	1,0—2,5	1,0—2,0	1,5—3,0	1,5—2,5
Затопляемые (без пере- лива) . . . . .	1,5—2,5	1,5—2,5	1,5—3,0	1,5—3,0

При высоте защитных затопляемых дамб до 0,7 м их устраивают переходимыми для сельскохозяйственных машин, трапече-

идального сечения, с заложением верхового и низового откоса 1:4.

Проезд по гребню защитных дамб, как правило, не допускается, но если на том или ином участке по хозяйственным соображениям необходим проезд, ширину гребня дамбы увеличивают на этом участке до 4—6 м.

Откосы дамб должны иметь плотный дерновый покров, для получения которого на них высевают многолетние травосмеси с внесением повышенных доз минеральных удобрений. Травостой на откосах необходимо косить не менее чем два раза в течение вегетационного периода. На внутреннем откосе дамб целесообразно высаживать деревья и кустарники.

Для предотвращения перелива через гребень затопляемых дамб вод весеннего паводка в них устраивают водопропускные отверстия, имеющие порог на отметке максимального расчетного уровня летних и осенних паводков. При подъеме уровня воды весной выше порогов этих отверстий вода через них будет постепенно затоплять огражденную часть поймы. Когда уровень воды в реке достигнет гребня затопляемых дамб, уровни воды по обе стороны дамбы сравняются.

Кроме отверстий в дамбах, предназначенных для впуска воды на обвалованную территорию, в затопляемых и незатопляемых дамбах устраивают сбросные шлюзы для сброса паводковых и поверхностных вод, отводимых осушительной сетью в периоды низкого стояния уровня воды в реке-водоприемнике.

Водопропускные отверстия в дамбах делают в виде труб, проходящих через тело дамбы, или в виде открытых шлюзов со щитовыми или шандорными затворами.

Водовпускные отверстия устраивают на пересечении дамбами возвышенностей рельефа, а водосбросные, наоборот, в наиболее низких точках обвалованной территории, обычно в нижнем конце проводящих осушительных каналов, подходящих к дамбам. Водосбросные шлюзы обязательно совмещают также с насосными станциями для перекачки воды в водоприемник.

Ширину отверстий в дамбах определяют гидравлическим расчетом в зависимости от количества воды, отводимой осушительной сетью, а также от расчетного времени затопления и освобождения от воды обвалованной территории (при строительстве затопляемых дамб).

## **§ 80. Мероприятия по борьбе с подтоплением и мелководным затоплением**

**Причины подтопления и мелководного затопления.** В связи со строительством крупных гидроэлектростанций на территории СССР созданы и будут создаваться крупные искусственные водохранилища.

Вследствие значительного подъема уровня воды в этих водохранилищах по сравнению с бывшим естественным уровнем в прибрежной зоне их происходит подъем грунтовых вод, которые во многих случаях подходят близко к поверхности почвы, а иногда и выходят на поверхность: происходит подтопление территории. В результате этого в прибрежной зоне водохранилищ часто наблюдается избыточное увлажнение земель, которые до постройки водохранилища не испытывали переувлажнения.

Кроме того, при строительстве искусственных водохранилищ на равнинной местности, характеризующейся незначительными уклонами поверхности, в прилегающей к берегу полосе могут образоваться обширные мелководья, глубина воды в которых при нормальном подпертом уровне водохранилища оказывается менее 1,0—1,5 м.

Такие мелководья вследствие малой глубины и малого объема воды в них незначительно увеличивают полезную емкость водохранилища; они обычно быстро зарастают крупной водной растительностью (тростником, ситником и др.) и являются совершенно непригодными для использования в народном хозяйстве.

Поэтому на существующих искусственных водохранилищах и при проектировании новых необходимо предусматривать и осуществлять специальные мероприятия по борьбе с подтоплением и мелководным затоплением.

**Борьба с подтоплением.** Чтобы предотвратить повышение уровня грунтовых вод при подъеме уровня воды в водохранилище, вдоль его берега устраивают ловчие дрены, которые в этом случае называют береговыми. В зависимости от водопроницаемости грунта эти дрены прокладывают на расстоянии от уреза воды от 200—300 м в легких суглинках и тяжелых супесях до 400—500 м в хорошо фильтрующих песках. Если берега водохранилища сложены средними и тяжелыми суглинками или глинами, подтопления обычно не наблюдается.

Глубину береговых дрен обычно принимают на 0,5 м больше заданной глубины стояния уровня грунтовых вод в прибрежной зоне водохранилища. Береговые дрены устраивают из гончарных труб диаметром не менее 7,5 см.

Береговые дрены выпускают в осушительную сеть, которую устраивают для осушения данной территории независимо от ее подтопления со стороны водохранилища. При этом воду отводят самотеком в нижний бьеф гидротехнического сооружения или с помощью насосных станций откачивают в водохранилище (см. главу 19). Если выпуск береговых дрен в осушительную сеть вследствие малых уклонов поверхности невозможен, а также в тех случаях, когда в осушении прибрежной полосы вообще нет необходимости, для ограждения от подтопления вместо береговых дрен вдоль берега водохранилища на таком же расстоя-

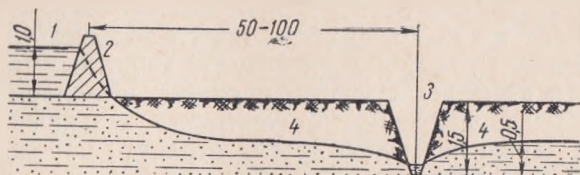


Рис. 138. Схема ограждения территории от мелководного затопления:

1 — водохранилище; 2 — оградительная дамба; 3 — ловчий канал; 4 — уровень грунтовых вод.

нии прокладывают открытые ловчие каналы, глубину которых принимают на 0,5 м больше требуемой глубины стояния уровня грунтовых вод. Воды притоков и тальвегов, впадающих в водохранилище с прилегающих склонов, в эти каналы впускать нельзя; их следует перехватить нагорными каналами у подножья склонов или использовать для удобрительного орошения.

**Борьба с мелководным затоплением.** Для предохранения территории от мелководного затопления на всех участках, где такое затопление по условиям рельефа возможно, водохранилище ограждают незатопляемыми дамбами. Их располагают приблизительно по линии, где глубина затопления при нормальном подпертом уровне воды в водохранилище равна принятой минимальной глубине затопления (около 1 м) (рис. 138). Высоту этих дамб принимают не больше 1,5—2,0 м, так как уровень воды в крупных водохранилищах обычно поднимается незначительно над нормальным подпертым уровнем.

В этом случае (особенно при водопроницаемых грунтах) на территории, огражденной от затопления, будет наблюдаться подъем грунтовых вод. Поэтому одновременно со строительством оградительных дамб необходимо принимать меры для борьбы с подтоплением огражденной территории. Для этого вдоль оградительных дамб на расстоянии 50—100 м от них прокладывают ловчий канал глубиной приблизительно на 0,5 м больше допустимой глубины стояния уровня грунтовых вод. Этот канал одновременно является магистральным каналом осушительной сети, которая обычно необходима на огражденных от мелководного затопления территориях, причем в данном случае осушение может быть осуществлено только при механическом водоподъеме.

Обвалование значительных территорий и осушение их с помощью механического водоподъема являются очень дорогостоящими мероприятиями, поэтому при строительстве искусственных водохранилищ необходимость подъема воды в них до отметки, вызывающей мелководное затопление значительных

территорий, должна быть обоснована подробным экономическим расчетом. Если же необходимость такого подъема уровня воды будет доказана, то вопрос о проведении защитных мероприятий тоже должен решаться с учетом ценности затопляемых земель, возможной их продуктивности, санитарно-гигиенических соображений, а также интересов других отраслей народного хозяйства (рыбного хозяйства, водного транспорта, лесосплава и др.). Во многих случаях бывает целесообразно отказаться от проведения мероприятий по борьбе с мелководным затоплением, а для компенсации затопляемых площадей провести мелиоративные работы по осушению и освоению новых земель, расположенных на повышенных местах вне зоны затопления и подтопления водохранилищами.

### § 81. Кольматаж заболоченных низменностей

**Сущность кольматажа.** Кольматажем называется повышение поверхности почвы в результате постепенного отложения на ней илстых частиц, приносимых речными водами.

В естественных условиях кольматаж происходит в дельтах всех крупных рек, вода которых имеет большое количество взвешенных наносов. Так, например, в плавнях реки Днестра ежегодно откладывается слой ила от 10 до 20 см.

В результате кольматажа поверхность почвы поднимается, в то время как уровень грунтовых вод, определяемый уровнем воды в реке, остается на прежней высоте. Таким образом, на кольматируемом участке без устройства осушительной сети достигается требуемая сельскохозяйственными культурами норма осушения.

Искусственный кольматаж осуществляется путем систематических напусков на мелиорируемую территорию речной воды, богатой взвешенными наносами, и осаждением их на этой территории. Такой способ применяют, если недалеко от мелиорируемой территории протекает достаточно мощная река, несущая большое количество взвешенных наносов, и если эти воды могут быть поданы самотеком на территорию, подлежащую кольматированию. Вследствие большой длительности процесса кольматажа (годы и десятки лет) этот способ можно применять в том случае, если мелиорация данного участка не является срочной.

В среднем за год (в зависимости от мутности воды) может отложиться слой грунта от 0,5 до 10 см и только в особо благоприятных случаях он может достигнуть 25—30 см в год. Так, например, процесс кольматажа Тосканских болот в Италии продолжался свыше ста лет, в результате чего поверхность почвы была поднята на высоту до 8 м.

**Техника кольматажа.** Различают два способа кольматирования: периодическое, когда мутная речная вода подается на кольматируемый участок отдельными порциями, и непрерывное, когда вода движется через кольматируемый участок непрерывным потоком.

В обоих случаях площадь, подлежащую кольматажу, дамбами разбивают на отдельные кольматжные бассейны (рис. 139), располагающиеся ступенчато.

Высота дамб зависит от проектируемой высоты подъема территории над меженным уровнем воды в реке, которую обычно принимают от 1,0 до 1,5 м в наиболее низких точках кольматируемого участка. В соответствии с этим дамбы обычно имеют высоту от 0,75 до 1,5 м.

Размеры кольматжных бассейнов и расстояния между дамбами зависят от рельефа местности и принятой высоты подъема. Бассейны проектируют с таким расчетом, чтобы после кольматажа поверхность участка имела однообразный уклон около 0,0002—0,0005.

При проведении кольматажа необходимы следующие сооружения: головной шлюз-регулятор для забора воды из реки и подачи ее в водопроводный канал; водопроводный или кольматационный канал, доставляющий воду на кольматируемую площадь; сбросные шлюзы для спуска отработанной воды в сбросной канал или реку.

Головной шлюз-регулятор должен иметь щитовой затвор, чтобы можно было забирать воду из нижних слоев в реке, где она наиболее богата наносами. Порог головного шлюза должен командовать над всей кольматируемой площадью даже к концу процесса кольматирования, когда поверхность будет поднята до проектной отметки.

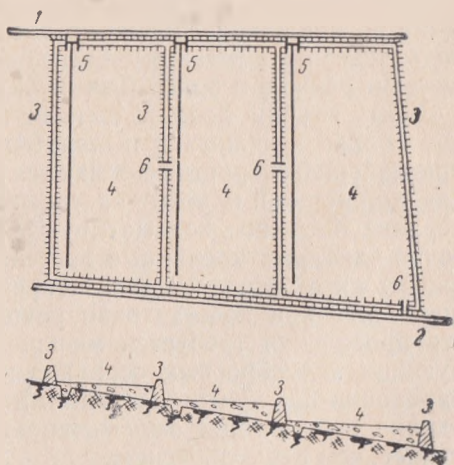


Рис. 139. План и поперечный разрез кольматжных бассейнов:

1 — водопроводный канал; 2 — сбросной канал; 3 — дамбы; 4 — кольматжные бассейны; 5 — шлюзы-регуляторы; 6 — водосливы.

Водоприводный, кольматационный канал должен иметь возможно больший уклон, чтобы взвешенные в речной воде наносы не отлагались в нем. Чтобы предотвратить размыв дна и откосов канала при повышенных скоростях, в большинстве случаев их укрепляют.

При периодическом кольматаже огражденные дамбами кольматажные бассейны заполняют водой на определенный срок, в течение которого взвешенные в воде наносы осаждаются на дно бассейнов, после чего осветленную воду сбрасывают, а взамен ее напускают новую порцию мутной воды. В начале процесса кольматирования воде дают стоять недолго, чтобы дать возможность осесть только крупным частицам. Затем продолжительность затопления бассейнов постепенно увеличивают и к концу процесса кольматирования производят более длительные затопления, во время которых на дно бассейнов осаждаются не только крупные, но наиболее плодородные илистые частицы.

Таким образом, на кольматируемых участках можно создать наиболее благоприятное для роста сельскохозяйственных культур литологическое строение почвенного профиля — плодородный илистый пахотный слой подстилается более водопроницаемыми песчаными отложениями. Продолжительность стояния воды в кольматажных бассейнах изменяется от полусуток для отложения песчаных фракций до двух суток для отложения мелких илистых частиц.

При непрерывном кольматаже кольматажные бассейны, также расположенные ступенчато, соединяют открытыми укрепленными водосливами. Воду при этом способе кольматирования подают в верхний бассейн, откуда она медленно течет вниз по склону, переливаясь из бассейна в бассейн через водосливы. Из нижнего бассейна осветленная вода сбрасывается в сбросной канал. Крупность осаждающихся наносов в этом случае регулируют не продолжительностью затопления, а скоростью течения воды через кольматажные бассейны, которая определяется подаваемым расходом воды. Для осаждения только песчаных частиц скорость течения должна быть не меньше  $0,3$  м/сек, для осаждения только песчаных и пылеватых частиц не менее  $0,15$  м/сек; при меньшей скорости осаждаются все взвешенные наносы, включая глинистые и илистые частицы. При непрерывном кольматаже верхние бассейны кольматируются быстрее нижних. На достаточно закольматированные бассейны впуск воды прекращают и вводят их в эксплуатацию. Непрерывный кольматаж легче осуществлять при недостаточно ровном рельефе поверхности, для его проведения требуется меньше сбросных каналов и регулирующих водосбросных сооружений. При непрерывном кольматировании не нужен постоянный надзор за работой системы, однако непрерывное кольматирование протекает гораздо медленнее, чем периодическое.

Процесс кольматирования может быть значительно ускорен, если нижние песчаные слои создавать не за счет отложения наносов из речной воды, а намывать искусственно землесосами. При этом размывтый разжиженный грунт может быть доставлен на кольматируемую территорию по трубопроводам на значительное расстояние (до 800—1000 м).

После намыва с помощью землесосов нижних песчаных слоев верхний плодородный слой почвы создается в результате отложений наносов из речной воды одним из рассмотренных выше способов.

Из-за большой стоимости намыв грунта землесосами с использованием закольматированной территории под сельскохозяйственные культуры обычно осуществляют только в сочетании с дноуглубительными работами по руслу реки.

Кольматаж можно применять не только для поднятия поверхности почвы над уровнем грунтовых вод, но и для покрытия слоем плодородных наносов бесплодных приречных песков и галечников, не испытывающих избыточного увлажнения, если по условиям рельефа на них возможно подать богатые взвешенными наносами речные воды.

В результате кольматажа во всех случаях создается очень плодородная почва, характеризующаяся благоприятным водным режимом, на которой получают весьма высокие урожаи сельскохозяйственных культур: риса до 70 ц/га, сахарной свеклы до 400—500, сена многолетних трав 90—100 ц/га.

#### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 18.* Изучение проекта обвалования затопляемых земель. При разборе содержания проекта обвалования необходимо дать ответы на следующие вопросы.

1. Район обвалования; наименование реки и краткое описание ее: меженные расходы, ширина и глубина русла, извилистость реки, устойчивость берегов и т. д.

2. Краткая характеристика поймы: ширина, рельеф, возвышение над меженным горизонтом воды, почвы, использование поймы для обвалования.

3. Режим весенних и летне-осенних паводков: максимальные расходы, высота затопления поймы, средние календарные сроки прохождения паводков и характер спада паводков. Влияние паводков на использование поймы и сроки проведения сельскохозяйственных работ. Выявление необходимости обвалования.

4. Состав мероприятий по мелиорации поймы, намеченных в проекте, и выбор типа защитных дамб.

5. Определение расчетных расходов и принятая обеспеченность расходов и уровней.



6. Расположение дамб и определение расстояний между ними. Высота и конструкция дамб. Сооружения в дамбах.

7. Влияние устройства дамб на режим реки выше и ниже участка обвалования.

8. Потребность в осушении или сращении обвалованной площади и способы их осуществления. Сброс воды с обвалованной площади.

9. Объем строительных работ и стоимость строительства и освоения системы обвалования.

Определение расстояния между дамбами (валами) является важнейшим разделом проектирования, так как от величины этого расстояния зависит высота дамб и их стоимость, а также площадь обвалования.

Рассмотрим порядок определения расстояния между валами на следующем примере.

Максимальный расход весеннего половодья реки 10%-ной обеспеченности  $Q_{\text{макс}} = 415 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Ширина русла реки по верху  $b_p = 60 \text{ м}$ . Сечение русла близко к параболическому. Наибольшая глубина русла  $h_{\text{макс}} = 2,7 \text{ м}$ . Глубина воды на пойме во время половодья до обвалования  $h_n = 0,8 \text{ м}$ . Пойма сравнительно развитая, заросшая травой и кустарником. Величина подпора воды при обваловании  $h = 0,7 \text{ м}$ . Шероховатость русла  $n_p = 0,035$ . Шероховатость поймы  $n_n = 0,05$ . Гидравлический уклон реки в половодье  $l = 0,00029$ .

При расчете максимальный расход, проходящий между валами, делим на две части:

а) расход, проходящий в русле и над руслом реки, —  $Q_p$ ,

б) расход, проходящий на участках поймы между валами и бровками реки, —  $Q$

Расчетная схема показана на рисунке 140.

Русловой расход будет равен:

$$Q_p = \omega_p v_p = b_p (h_{\text{ср}} + h_n + h) v_p,$$

где  $h_{\text{ср}}$  — средняя глубина русла.

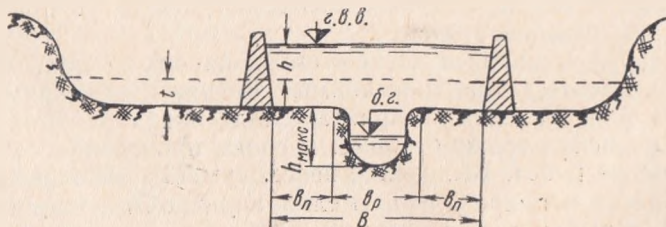


Рис. 140. Расчетная схема для определения расстояния между дамбами.

При параболическом сечении:

$$h_{cp} = \frac{2}{3} h_{\max} = \frac{2}{3} \cdot 2,7 = 1,8 \text{ м.}$$

Принимаем, что в широких руслах гидравлический радиус примерно равен глубине воды, то есть  $R = h_p + h_n + h$ .  
Скоростной коэффициент найдем по формуле:

$$C_p = \frac{1}{n_p} R^y = \frac{(h_p + h_n + h)^{0,2}}{n_p}.$$

Скорость течения воды в русле:

$$\begin{aligned} v_p &= C_p \sqrt{RI} = \frac{(h_p + h_n + h)^{0,2}}{n_p} (h_p + h_n + h)^{0,5} \sqrt{I} = \\ &= \frac{(h_p + h_n + h)^{0,7}}{n_p} \sqrt{I} \text{ м/сек.} \end{aligned}$$

Подставляя значение  $v_p$  в формулу для определения руслового расхода, получим:

$$Q_p = b_p (h_p + h_n + h) v_p = \frac{b_p (h_p + h_n + h)^{1,7}}{n_p} \sqrt{I} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Выполняя аналогичные вычисления, найдем величину расхода, проходящего по пойме:

$$Q_n = \omega_n v_n = \frac{2b_n (h_n + h)^{1,7} \sqrt{I}}{n_n} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Общий расход будет равен:

$$\begin{aligned} Q_{\max} = Q_p + Q_n &= \frac{a_p (h_p + h_n + h)^{1,7} \sqrt{I}}{n_p} + \\ &+ \frac{2a_n (h_n + h)^{1,7} \sqrt{I}}{n_n} \text{ м}^3/\text{сек.} \end{aligned}$$

Заменяя в последнем уравнении  $2b_n$  выражением  $2b_n = B - b_p$  и производя небольшие преобразования, получим формулу для определения расстояния между валами:

$$B = b_p + \frac{Q_{\max} - b_p (h_p + h_n + h)^{1,7} \frac{\sqrt{I}}{n_p}}{(h_n + h)^{1,7} \frac{\sqrt{I}}{n_n}} \text{ м.}$$

Определим по этой формуле значение  $B$  при  $h = 0,7$  м:

$$B = 60 + \frac{415 - 60 (1,8 + 0,8 + 0,7)^{1,7} \cdot \frac{\sqrt{0,00029}}{0,035}}{(0,8 + 0,7)^{1,7} \frac{\sqrt{0,00029}}{0,05}} = 346 \text{ м.}$$

Возьмем еще два значения  $h$  и посмотрим, как влияет изменение величины подпора, а следовательно, и высоты дамб на расстояние между ними.

1)  $h = 0,4$  м:

$$LB = 60 + \frac{415 - 60(1,8 + 0,8 + 0,4)^{1,7} \frac{\sqrt{0,00029}}{0,035}}{(0,8 + 0,4)^{1,7} \frac{\sqrt{0,00029}}{0,05}} = 538 \text{ м.}$$

2)  $h = 1,0$  м:

$$B = 60 + \frac{415 - 60(1,8 + 0,8 + 1,0)^{1,7} \frac{\sqrt{0,00029}}{0,035}}{(0,8 + 1,0)^{1,7} \frac{\sqrt{0,00029}}{0,05}} = 218 \text{ м.}$$

Таким образом, при увеличении высоты дамб на

$$\Delta h = 1,0 - 0,4 = 0,6 \text{ м}$$

расстояние между дамбами уменьшится на величину

$$\Delta B = 538 - 218 = 320 \text{ м,}$$

что на каждый километр обвалованного участка реки даст увеличение полезной (обвалованной) площади

$$\Delta \omega = \frac{320 \cdot 1000}{10000} = 32 \text{ га,}$$

но зато увеличит стоимость дамб.

Наилучшим будет тот вариант высоты подпора, при котором чистый доход с обвалованной площади, за вычетом расходов на строительство и содержание валов и убытка от затопления участка поймы на полосе  $2b_n$  между валами и руслом реки, будет наибольшим. Необходимо также учесть, что при уменьшении расстояния между дамбами скорость потока возрастет и может превзойти допускаемые пределы.

## ГЛАВА 19

### ОСУШЕНИЕ С МЕХАНИЧЕСКОЙ ОТКАЧКОЙ ВОДЫ И ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОСУШЕНИЯ

#### § 82. Осушение с механической откачкой воды

**Общая схема системы осушения с механическим водоподъемом.** К механическому водоподъему прибегают при осушении приморских, приозерных и приречных низменностей в тех случа-

ях, когда уровень воды в водоприемнике в течение длительного периода времени стоит на такой высоте, при которой осушение самотеком невозможно. При этом механический водоподъем осуществляют не только в тех случаях, когда уровень воды в водоприемнике вообще понизить невозможно (море, большое озеро или крупное искусственное водохранилище), но и когда понижение воды в водоприемнике технически выполнимо, но связано с большими затратами и экономически нецелесообразно.

Вследствие того что при этом способе осушения очень значительны эксплуатационные расходы по перекачке воды насосными станциями, при проектировании осушения с механическим водоподъемом принимают все меры к возможному уменьшению количества перекачиваемой воды с увеличением до максимума объема воды, сбрасываемого самотеком. Для этого территорию, осушаемую с механическим водоподъемом, полностью ограждают от попадания на нее поверхностных и грунтовых вод извне. С низкой стороны (от водоприемника с высоким уровнем воды) ее ограждают дамбами и ловчими каналами, а с верхней стороны нагорными и ловчими каналами и головными дренами.

Все водотоки, притекающие извне и пересекающие осушаемую территорию, отводят в водоприемник каналами, проходящими за ее пределами, или пропускают через осушаемый участок каналами, также огражденными дамбами.

Таким образом, с помощью насосной станции перекачивают только то количество воды, которое выпадает в виде атмосферных осадков непосредственно на огражденную осушаемую территорию.

Такой участок, огражденный дамбами и нагорными каналами, осушаемый с помощью механического водоподъема, называют польдером.

Различают польдеры низкого уровня, отметки поверхности которых ниже бытового уровня воды в водоприемнике или не более чем на 0,5 м выше его, польдеры среднего уровня, если отметки поверхности превышают уровень воды в водоприемнике на 0,5—1,5 м, и польдеры высокого уровня, располагающиеся на более высоких отметках.

Каждый польдер обычно обслуживается одной насосной станцией. На крупных польдерах иногда устраивают две или три насосные станции, а в некоторых случаях одна насосная станция обслуживает несколько мелких польдеров. Такой случай может быть при разделении осушаемой территории на отдельные мелкие польдеры обвалованными водотоками, причем в этом случае магистральные каналы, осушающие отдельные частные польдеры, соединяют между собой дюкерами.

Общая схема осушения с механическим водоподъемом представлена на рисунке 141.

Осушение с механическим водоподъемом наиболее широко распространено на прибрежных низменностях по берегам Балтийского и Северного морей в Голландии, ФРГ, Дании, Польше, причем здесь имеются польдеры площадью в несколько десятков тысяч гектаров, лежащие на отметках до 5 м ниже уровня моря.

В СССР осушение с механическим водоподъемом широко применяют в Калининградской области, а также в Литовской и Латвийской ССР.

**Осушительные системы на польдерах.** Для уменьшения высоты подъема перекачиваемой насосными станциями воды на польдерах стремятся строить преимущественно мелкие по глубине осушительные системы.

Закрытые осушительные системы, требующие большого заглубления осушительной сети, устраивают только на польдерах среднего и высокого уровня, имеющих отметки на 1,0—1,5 м выше уровня воды в водоприемнике, на более же низких участках обычно строят открытые осушительные системы.

При этом осушительным каналам придают минимальные уклоны (от 0,0002 до 0,0005), если даже в связи с этим необходимо увеличение ширины каналов по дну более принимаемых норм.

Второй особенностью осушительных систем на польдерных землях является необходимость устройства перед насосными станциями регулирующих бассейнов.

Вследствие неравномерности выпадения атмосферных осадков, которые являются основной приходной статьей водного баланса на польдерных землях, сток воды с осушаемой территории и приток ее к насосным станциям также очень неравномерен.

Расчетная производительность насосной станции может быть значительно снижена, если в нижней части подходящего к ней магистрального осушительного канала будет устроен регулирующий бассейн, аккумулирующий в себе часть паводковых вод во время пика паводка, которые будут откачены насосной станцией после прохождения паводка.

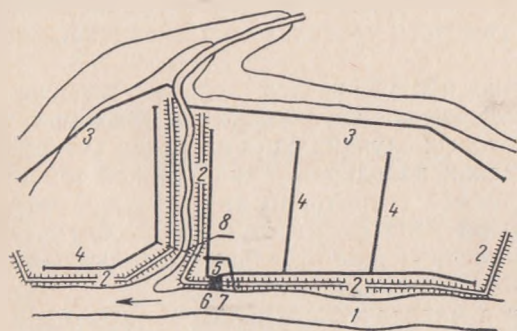


Рис. 141. Схема осушения с механическим водоподъемом:

- 1 — река; 2 — оградительные дамбы;
- 3 — нагорные каналы; 4 — осушительные каналы; 5 — водосборный бассейн; 6 — насосная станция;
- 7 — шлюз; 8 — дюкер.

С другой стороны, производительность насосных станций, которые рассчитывают на отвод максимального расхода заданной обеспеченности, во много раз больше притока из осушительной сети бытовых вод, поэтому в летний период при незначительном притоке без устройства регулирующих бассейнов откачка воды насосными станциями невозможна. При наличии же регулирующих бассейнов отводимая осушительными системами вода накапливается в них и откачивается насосными станциями периодически, после того, как уровень воды в бассейне достигнет установленной на каждой станции наивысшей отметки.

Необходимый объем регулирующих бассейнов, выраженный в  $m^3$  определяют по формуле:

$$V = 86,4(q\omega - Q)t, \quad (II-36)$$

где  $q$  — модуль стока в период паводка заданной обеспеченности,  $л/сек/га$ ;

$\omega$  — площадь польдера, обслуживаемого насосной станцией,  $га$ ;

$Q$  — производительность насосной станции,  $л/сек$ ;

$t$  — расчетная продолжительность паводка, сутки.

Глубину регулирующих бассейнов устанавливают с таким расчетом, чтобы уровень воды в нем во время паводка не превышал максимального расчетного уровня в магистральном канале осушительной системы.

Для создания резервного объема, в котором могут отлагаться взвешенные наносы, приносимые осушительной сетью, дно регулирующих бассейнов устраивают на 0,5—1,0 м ниже дна впадающего в него магистрального канала.

Для создания необходимой регулирующей емкости у насосной станции вместо строительства специальных регулирующих бассейнов часто значительно расширяют и углубляют нижний участок магистрального канала.

Размеры поперечного сечения канала и длину расширяемого участка устанавливают, исходя из необходимого регулирующего объема, определяемого по формуле (II—36). Обычно канал расширяют в 1,5—2 раза против ширины, определяемой гидравлическим расчетом на протяжении до 2 км и более.

Установление мощности насосной станции. Мощность насосной станции на польдерах, выраженную в киловаттах, определяют по формуле:

$$N = \frac{Q\gamma H_0}{102\eta}, \quad (II-37)$$

где  $Q$  — расчетный расход насосной станции,  $л/сек$ ;

$\gamma$  — вес единицы объема воды, равный 1  $кг/л$ ;

$\eta$  — коэффициент полезного действия установки, равный 0,50—0,75;

На электрифицированных насосных станциях, обслуживающих польдеры, включающие ценные насаждения и населенные пункты, кроме электромоторов, устанавливают аварийные дизельные двигатели на случай временного прекращения подачи электроэнергии.

Многие насосные станции в настоящее время автоматизированы — выключаются в тот момент, когда уровень воды в бассейне будет снижен до установленной наинизшей отметки.

У каждой осушительной насосной станции обязательно устраивают сбросной шлюз, через который воды, отводимые осушительным каналом, сбрасываются в водоприемник в течение всего времени, пока превышение уровня воды в магистральном канале над уровнем воды в водоприемнике обеспечивает сброс расчетного расхода воды самотеком. Насосную станцию включают в работу только тогда, когда расход воды, сбрасываемый самотеком вследствие незначительности разности уровней, становится меньше расчетного.

Через эти же сбросные шлюзы возможна обратная подача воды из водоприемника на польдер в засушливые периоды для увлажнения почвы. В этом случае пропускная способность шлюзов обычно недостаточна и для дополнительной подачи воды на увлажнение польдеров строят сифоны диаметром до 1 м, переходящие через верх оградительной дамбы, которые могут обеспечить подачу большого объема воды.

### § 83. Осушение при помощи вертикальных колодцев

Вертикальные осушительные системы применяют при осушении изолированных заболоченных понижений, отдаленных от открытых водоприемников, если такой способ осушения возможен по гидрогеологическим условиям. Вертикальные системы осушения бывают двух видов: с откачкой воды из вертикальных колодцев или со сбросом поверхностных вод по вертикальным колодцам в лежащие ниже безнапорные водоносные слои.

Осушение посредством откачки воды из колодцев. Осушение путем откачки воды из вертикальных колодцев применяют в тех случаях, когда необходимо понизить уровень грунтовых вод в поверхностном водопроницаемом слое (рис. 142, а). На участке, подлежащем осушению, устраивают систему трубчатых колодцев, называемых дренажными, из которых насосами откачивают притекающую к ним воду. Откачиваемую воду по трубопроводу или по мелким открытым каналам отводят за пределы осушаемой территории, где она может быть использована для орошения или водоснабжения.

Большим достоинством осушения при помощи дренажных колодцев является возможность понижения уровня грунтовых вод

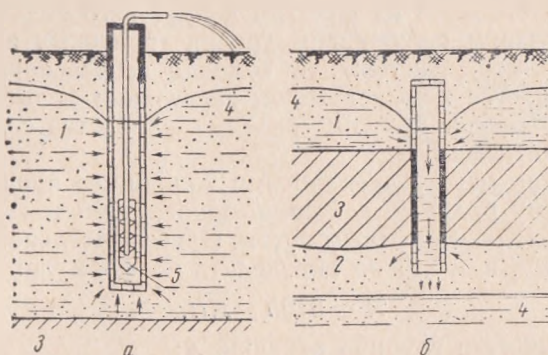


Рис. 142. Схема работы дренажных колодцев:

*а* — с откачкой воды; *б* — поглощающего колодца; 1—осушаемый водопроницаемый слой; 2—поглощающий водонепроницаемый слой; 3—водонепроницаемый слой; 4—уровень грунтовых вод; 5—насос.

на значительную глубину и регулирования этого уровня в зависимости от погодных условий и использования осушаемой территории. Главный недостаток этого способа осушения — высокие ежегодные эксплуатационные расходы.

Дренажные колодцы делают из металлических труб переменного (уменьшающегося книзу) диаметра от 500 до 250 мм с фильтром в приемной части. При плохой водоотдаче грунта вокруг фильтра устраивают гравийную обсыпку толщиной 12—15 см.

Количество воды, отводимой дренажными колодцами (дебит колодцев), зависит от коэффициента фильтрации грунта и от высоты понижения уровня воды в колодце ниже уровня грунтовых вод, называемой глубиной откачки, которая для нормальной работы колодца должна находиться в пределах: для песчано-гравелистых грунтов от 6 до 10 м и для суглинистых грунтов от 15 до 20 м. Этим и определяется глубина дренажных колодцев, дно которых должно быть опущено на требуемую глубину откачки ниже расчетного уровня грунтовых вод на осушаемом участке. Если мощность водоносного пласта меньше необходимой глубины откачки, дно колодца устанавливают на границе водоупорного слоя.

По опытным данным, удельный дебит дренажных колодцев на 1 м глубины откачки составляет от 3—4 л/сек для суглинистых грунтов до 30—40 л/сек для галечников.

Дренажные колодцы на осушаемой территории размещают или равномерно по всей площади, или в 1—2 ряда по линиям, перпендикулярным направлению движения потока грунтовых вод.



При откачке воды из колодца вокруг него создается воронка с наибольшим понижением уровня грунтовых вод у стенок колодца. По мере удаления от колодца депрессионная поверхность повышается и на некотором расстоянии от колодца  $R$ , называемом радиусом действия колодца, сливается с нормальным уровнем грунтовых вод.

Расстояние между дренажными колодцами принимают равным двойному радиусу действия одного колодца  $R$ , который обычно определяют опытным путем. Приблизительно радиус действия колодца в  $m$  можно определить по формуле:

$$R = 575h \sqrt{KH}, \quad (II-39)$$

где  $h$  — принятая глубина откачки,  $m$ ;

$K$  — коэффициент фильтрации грунта,  $m/сек$ ;

$H$  — мощность водоносного пласта,  $m$ .

Величина  $R$  изменяется обычно от 200 до 1000  $m$ .

Дренажные колодцы оборудуют обычно вертикальными многоступенчатыми турбинными насосами производительностью от 15 до 250  $л/сек$ , которые опускают непосредственно в трубу колодца и приводят в действие электромотором. При больших дебитах, но малых напорах ставят вертикальные пропеллерные насосы, а при очень хорошей водопроницаемости водоносного слоя и при малой высоте подъема можно применять и центробежные насосы с горизонтальной осью вращения.

**Осушение посредством поглощающих колодцев.** Осушение посредством поглощающих колодцев можно применять только в тех случаях, когда на осушаемой территории на небольшой глубине (1,5—2,0  $m$ ) залегает ненапорный водоносный слой, отделенный от поверхности почвы водоупорным слоем (рис. 142, б). В этом случае грунтовые воды, которые скапливаются над водоупорным слоем, через систему вертикальных колодцев могут быть сброшены в поглощающий ненапорный водоносный слой.

Поглощающие колодцы просверливают буром до поглощающего слоя и стенки их укрепляют гончарными трубами диаметром от 75 до 150  $мм$ , которые опускают в колодец следующим образом. Изготавливают деревянный конусообразный поддон, диаметр которого точно равен диаметру пробуренной скважины и превышает наружный диаметр опускаемых труб. В этот поддон вколачивают металлический штырь и затем его вгоняют в скважину до нужной глубины, постепенно насаживая на штырь гончарные трубы. Когда вся колонна труб будет опущена в скважину, штырь вынимают из поддона и вытаскивают из колодца.

Во избежание повреждения поглощающих колодцев при обработке почвы их на 40—45  $см$  не доводят до поверхности земли и закрывают плотными пробками.

Поглощающие колодцы располагают правильными рядами на расстоянии от 5 до 80  $m$  друг от друга, в зависимости от ко-

эфициента фильтрации осушаемого слоя и глубины залегания ненапорного уровня грунтовых вод в поглощающем слое.

При таких же гидрогеологических условиях поглощающий колодец может быть использован как водоприемник для горизонтального дренажа. В этом случае закрытую осушительную сеть строят обычным способом с выходом закрытого коллектора в каменную или бетонную водоприемную подземную камеру, устраиваемую на глубине 1—1,25 м от поверхности земли (рис. 143).

На некотором расстоянии от этой камеры устраивают трубчатый поглощающий колодец диаметром 200—250 мм. В пределах водопоглощающего слоя в трубе колодца просверливают отверстия и снаружи ее обкладывают фильтрующим слоем из щебня и гравия. Приемную камеру соединяют с поглощающим колодцем горизонтальным отрезком трубы, причем для предохранения поглощающего колодца от засорения эту трубу сопрягают с приемной камерой сифонным коленом. Для осаждения крупных взвешенных наносов в нижней части приемной камеры устраивают отстойник.

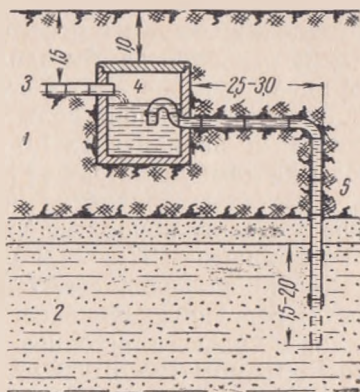


Рис. 143. Поглощающий колодец для приема воды из системы закрытого дренажа:

1 — осушаемый слой; 2 — поглощающий водоносный слой; 3 — закрытый коллектор дренажа; 4 — водоприемная камера; 5 — поглощающий колодец.

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 19.* Определение производительности насосной станции для осушения участка с механической откачкой воды. Подбор насосов и двигателей. В системе обвалования, рассмотренной в упражнении 18, на площади, огражденной защитными дамбами, необходимо устроить осушительную сеть и насосную станцию для перекачки воды в периоды высокого стояния воды в реке.

Площадь польдера, обслуживаемого насосной станцией,  $\omega = 1120$  га. От притока внешних поверхностных вод польдер защищен главной дамбой, расположенной вдоль реки, и со стороны коренного берега — нагорным каналом, сбрасывающим воду в обвалованный приток, валы которого идут поперек поймы, а также поперечным валом, отделяющим рассчитываемый польдер от соседнего. Этот вал поддерживает напор воды только в случае

затопления соседнего польдера при прорыве его защитных дамб. Длина основной дамбы вдоль реки  $l=3,5$  км; длина одной дамбы вдоль притока  $l_1=2,9$  км.

Величину подпора воды при устройстве основной дамбы принимаем по варианту  $h=1,0$  м (см. упражнение 18); тогда напор воды на дамбу со стороны реки  $H=h_n+h=0,8+1,0=1,8$  м, где  $h_n$  — глубина заполнения поймы весной до обвалования. Среднюю величину напора на дамбу со стороны обвалованного притока принимаем  $H_{cp}=1,2$  м.

Около насосной станции располагаются регулирующие емкости: регулирующий бассейн, нижняя часть осушительных каналов и тальвеги, весеннее заполнение которых допустимо с общим объемом  $V=70\,000$  м<sup>3</sup>.

Расчет ведем на сток весеннего паводка 10%-ной обеспеченности.

Модуль стока весенних паводковых вод принимаем по аналогии с ближайшей системой обвалования, расположенной в сходных природных условиях,  $q=1,65$  л/сек/га.

Расчетный расход весеннего стока поверхностных вод:

$$Q_{пов} = q\omega = 1,65 \cdot 1120 = 1848 \text{ л/сек.}$$

Продолжительность весеннего паводка такой интенсивности принимаем  $T=6$  суток. Тогда исходя из формулы (II—36) расход с учетом регулирующего действия бассейна будет равен:

$$Q'_{пов} = q\omega - \frac{V}{86,4T} = 1848 - \frac{70\,000}{86,4 \cdot 6} = 1713 \text{ л/сек.}$$

Приток фильтрационных вод определяем из расчета  $q_{\phi} = 30$  л/сек/км дамбы и на 1 м напора. Наибольший фильтрационный расход:

$$Q_{\phi} = q_{\phi}(lH + l_1H_1) = 30(3,5 \cdot 1,8 + 2,9 \cdot 1,2) = 293 \text{ л/сек.}$$

Расчетный расход насосной станции:

$$Q_{ст} = Q'_{пов} + \frac{Q_{\phi}}{2} = 1713 + \frac{293}{2} = 1860 \text{ л/сек} = 1,86 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Так как приток воды к станции сильно колеблется, то для более равномерной работы насосных агрегатов, принимаем три насоса с производительностью:

$$Q = Q_{ст} : 3 = 1,86 : 3 = 0,62 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Насосную станцию располагаем перед основной дамбой. Напорный трубопровод будет проходить через дамбу до русла реки, расположенного на этом участке посередине между дамбами.

При расстоянии между дамбами  $B=218$  м и при ширине русла реки  $b_p=60$  м, расстояние от дамбы до реки будет:

$$l_T = \frac{B - b_p}{2} = \frac{218 - 60}{2} = 79 \text{ м.}$$

Прибавляя 15 м на ширину дамбы, определяем длину напорного трубопровода:  $l = l_T + 15 = 79 + 15 = 94$  м.

При такой сравнительно небольшой длине трубопроводы проектируем из сборного железобетона, отдельно для каждого насоса, что избавит от устройства переключений и уменьшения производительности насосов при работе их на общий трубопровод.

Наивыгоднейший диаметр трубопровода определяем по формуле (I—112), приняв предварительно напор насоса  $H=3$  м.

$$d = \sqrt[7]{\frac{5,2Q_{\text{макс}}}{H}} = \sqrt[7]{\frac{5,2 \cdot 0,62^3}{3}} = 0,881 \approx 0,90 \text{ м.}$$

Скорость течения воды в трубопроводе:

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,62}{3,14 \cdot 0,9^2} = 0,98 \text{ м/сек.}$$

Полный напор насоса  $H$  определяем по формуле (II—38):

$$H_0 = H + h_1 + 0,8 + h_2 + h_{\phi}.$$

Для определения геодезической высоты подъема воды  $H$  принимаем среднюю отметку поверхности поймы у насосной станции 10,0 м; тогда наибольшая отметка воды в реке после обвалования:

$$10,0 + h_n + h = 10,0 + 0,8 + 1,0 = 11,8 \text{ м.}$$

Отметку низшего уровня воды в регулирующем бассейне принимаем на 1,2 м ниже поверхности земли, то есть  $10,0 - 1,2 = 8,8$  м.

Геодезический напор:

$$H = 11,8 - 8,8 = 3,0 \text{ м.}$$

Для определения потерь напора на гидравлические сопротивления необходимо иметь сведения о конструкции и размерах насоса.

При расходе насоса  $Q=0,62$  м<sup>3</sup>/сек и при напоре  $H_0=3 \div 4$  м по каталогу Всесоюзного научно-исследовательского института гидромашиностроения «Осевые насосы», 1961 г., принимаем вертикальный осевой (пропеллерный) насос О5—47 производительностью  $2265$  м<sup>3</sup>/ч =  $630$  л/сек, напор насоса  $H=4,5$  м; число оборотов  $n=730$  об/мин, к. п. д. =  $0,82$ , диаметр рабочего колеса  $d=470$  мм; диаметр выходного патрубка  $615$  мм.

Так как осевые насосы не допускают большой высоты всасывания, то центр рабочего колеса устанавливаем на отметке

8,3 м, то есть на 0,5 м ниже расчетного уровня воды, и, следовательно, высота всасывания будет отрицательной:  $h_{вс} = 0,5$  м.

На раструбе входящего от насоса металлического напорного трубопровода  $d=600$  мм устанавливаем задвижку, водомерную вставку и переходный патрубок к железобетонному трубопроводу  $d=900$  мм.

Скорость течения воды в металлическом трубопроводе и при входе в насос:

$$v_m = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,62}{3,14 \cdot 0,6^2} = 2,19 \text{ м/сек.}$$

Потери напора при входе в насос:

$$h = \xi_{вх} \frac{v_m^2}{2g} = (0,2 + 1) \frac{2,19^2}{19,62} = 0,13 \text{ м.}$$

Коэффициент местных сопротивлений принимаем:

а) задвижки при полном открытии  $\xi_3 = 0,1$ ;

б) водомерной вставки типа Вентури при отношении суженной части вставки к диаметру трубы  $\frac{d}{D} = 0,60$  —  $\xi_{вод} = 0,69^*$ ;

в) в переходе при угле конусности  $\theta = 15^\circ$  —  $\xi_{пер} = 0,26$ .

Величина местных потерь будет:

$$h_m = (\xi_3 + \xi_{вод}) \frac{v_m^2}{2g} + \xi_{пер} \frac{v_m^2}{2g} = (0,1 + 0,69) \frac{2,19^2}{19,62} + 0,26 \frac{0,98^2}{19,62} = 0,21 \text{ м.}$$

Потери напора по длине железобетонного трубопровода определяем по формуле:

$$h_d = a \frac{v_m^2 l}{d^{1,25}} = 0,0011 \frac{0,98^2 \cdot 94}{0,9^{1,25}} = 0,11 \text{ м.}$$

Потери напора при выходе из напорной трубы под уровень воды:

$$h_2 = \xi_{вых} \frac{v_m^2}{2g} = 1 \frac{0,98^2}{19,62} = 0,05 \text{ м.}$$

Полный напор насоса:

$$\begin{aligned} H_0 &= H + h_1 + h_2 + h_m + h_d = \\ &= 3,0 + 0,13 + 0,05 + 0,21 + 0,11 = 3,50 \text{ м.} \end{aligned}$$

Таким образом, насос О5—47 принят правильно.

\* Рычагов В. В., Третьяков А. А. и Флоринский М. М. Пособие по проектированию насосных станций. Сельхозиздат, 1963, стр. 83.

Потребная мощность мотора для насоса по формуле (II—37):

$$N = \frac{\gamma Q H_0}{102 \eta} = \frac{1000 \cdot 0,62 \cdot 3,50}{102 \cdot 0,70} = 30,5 \text{ квт.}$$

К. п. д. установки принимаем  $\eta = 0,70$ .  
Принимаем вертикальный электродвигатель.

## ГЛАВА 20

### СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОСУШЕНИЯ

#### § 84. Осушение торфяных болот для добычи торфа

**Применение торфа в сельском хозяйстве.** Торф в сельском хозяйстве широко применяют как основное сырье для приготовления органических удобрений.

Наиболее распространены три формы торфяных удобрений: торфокомпосты, торфо-минерально-аммиачные удобрения (ТМАУ) и торфяная подстилка, пропущенная через скотный двор.

Торфокомпосты обычно заготавливают поверхностно-послойным способом. Для этого осушенный и очищенный от кустарника и очеса участок торфяной залежи вспахивают кустарниково-болотным плугом на глубину 25—35 см. После просыхания пластов участок обрабатывают тяжелой дисковой бороной или фрезерным барабаном и затем механизированным способом вносят на поверхность минеральные удобрения из расчета на 1 га: фосфоритной муки 15—20 т и калийных удобрений 5—7 т или сланцевой золы 15—20 т, суперфосфата 7—10 т и калийных удобрений 5 т, а также навозную жижу или фекалий 15—30 т. После этого для перемешивания торфа с внесенными добавками участок снова обрабатывают тяжелой дисковой бороной в два следа и по мере просыхания верхнего слоя приготовленный таким образом торфокомпост в 2—3 приема собирают в валы бульдозерами.

При приготовлении торфо-минерально-аммиачных удобрений на поверхности подготовленного для торфодобычи болота рассеивают минеральные удобрения из расчета 20 кг суперфосфата и 10 кг хлористого калия на 1 т торфа. Затем участок обрабатывают в два следа дисковыми луцильниками и для ускорения сушки торфа производят 2—3 ворошения сцепами зубовых борон. Подсохшую торфяную крошку скреперами-бульдозерами собирают в невысокие навалы, в которые с помощью специаль-

ных контейнеров, снабженных сливным аппаратом, под давлением 0,7 атм вводят аммиачную воду (воду насыщенную аммиаком) из расчета 20 л на 1 т торфа. После введения аммиачной воды навалы торфа теми же скреперами-бульдозерами собирают в штабели высотой 3,0—3,5 м.

При изготовлении торфяной подстилки подготовленное болото фрезерными барабанами фрезеруют на глубину 15—20 мм и после подсыхания образовавшейся на поверхности болота крошки собирают ее пневматическими уборочными машинами. Собранную крошку затем перегружают в передвижной полевой пресс, который прессует подстилку, и упаковывает ее в кипы, обвязанные проволокой с деревянными планками.

В некоторых случаях торф в сельском хозяйстве используют и как топливо для местных электростанций и различных теплофикационных установок, причем и для топлива также используют преимущественно фрезерный торф.

Таким образом, в настоящее время для всех видов использования торфа в сельском хозяйстве его добывают послойным способом, к которому и должны быть приспособлены осушительные системы на торфяных болотах, предназначенных для добычи торфа.

Для заготовки торфокомпостов и для приготовления торфо-минерально-аммиачных удобрений обычно используют переходные болота, а для заготовки торфяной подстилки — верховые. Низинные болота использовать для добычи торфа нецелесообразно.

**Особенности осушения болот для добычи торфа.** При проектировании и строительстве осушительных систем на болотах, предназначенных для добычи торфа, необходимо учитывать две особенности. Во-первых, при заготовке торфа послойным способом поверхность болота постепенно понижается, а следовательно, действующая глубина элементов осушительной сети постепенно уменьшается. Во-вторых, при осушении болот для добычи торфа нет необходимости соблюдать приведенные выше нормы осушения для сельскохозяйственных культур, а для обеспечения бесперебойной работы торфяных машин следует стремиться возможно ниже опустить уровень грунтовых вод.

Исходя из этих соображений, на болотах устраивают глубокие осушительные системы, по возможности прорезающие всю толщу торфа до минерального дна болота (донное осушение).

В климатических условиях зоны торфодобычания периоды устойчивой сухой погоды, при которой интенсивно протекает процесс сушки торфа, обычно непродолжительны. Поэтому осушительная сеть на полях добычи торфа должна обеспечивать очень быстрый отвод дождевых вод и быстрое понижение уровня грунтовых вод после временных его подъемов, так как при высоком уровне грунтовых вод вследствие интенсивного подня-

тия воды по капиллярам сушка фрезерованного торфа на поверхности болота сильно замедляется.

По этой причине даже при благоприятных условиях для осушения редкой сетью глубоких открытых каналов (залегание торфа на водопроницаемом песчаном слое) этот способ осушения, рассчитанный на распространение корневой системы сельскохозяйственных культур в мощном слое торфа и на использование ими грунтовых вод, нельзя применять при осушении болот для добычи торфа.

Нельзя также применять и трубчатый дренаж, рассчитанный на длительный срок действия, так как после выработки торфа он окажется заложеным на очень малой глубине и будет непригоден для осушения дна торфяных карьеров под сельскохозяйственные культуры.

До недавнего времени при старых способах добычи торфа практиковалось осушение торфяных полей кротово-щелевым дренажем; при фрезерном способе добычи торфа оно неприменимо, так как по мере сработки торфяной залежи вскрытые дренажные полости будут являться все большим препятствием для передвижения торфяных машин.

Вследствие этого торфяные болота, предназначенные для послойной добычи торфа на удобрение или на топливо фрезерным способом, осушают частой сетью открытых канав, несмотря на то, что она в некоторой степени снижает производительность торфяных машин. После выработки всей торфяной залежи открытые осушительные системы полностью переустраивают для осушения дна торфяных карьеров под сельскохозяйственное использование, причем в этом случае могут быть применены и системы закрытого дренажа.

**Осушительные системы на болотах для добычи торфа.** При осушении болот для добычи торфа посередине болота прокла-

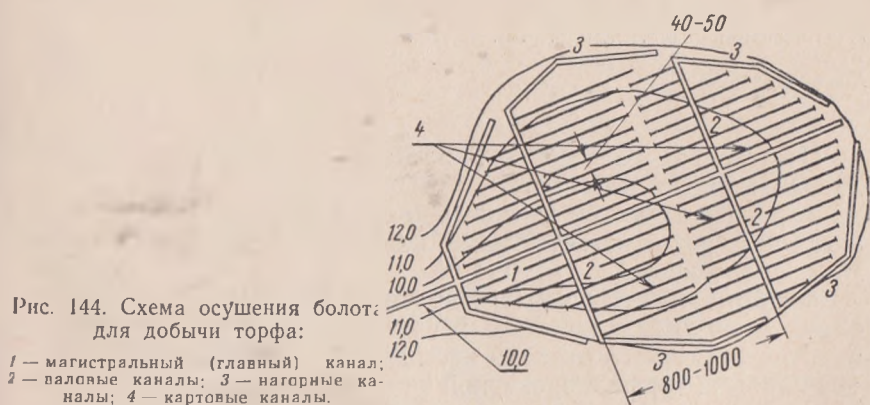


Рис. 144. Схема осушения болот для добычи торфа:

- 1 — магистральный (главный) канал;  
2 — паловые каналы; 3 — нагорные каналы; 4 — картовые каналы.



дывают магистральный (главный) канал, проходящий по наиболее глубокому торфу и, как правило, врезающийся в минеральное дно болота (рис. 144).

Перпендикулярно магистральному каналу по обе стороны от него, на расстоянии около 800—1000 м друг от друга, прокладывают валовые каналы, соответствующие транспортирующим собирателям при осушении земель для сельскохозяйственного использования. Магистральный и валовые каналы составляют проводящую часть осушительной системы.

Регулирующая часть системы состоит из так называемых картовых каналов, которые прокладывают на расстоянии 40—50 м друг от друга параллельно магистральному каналу. При этом обычно устраивают двухсторонние системы картовых каналов с разрывом их по середине полосы.

От притока вод со стороны участок торфоразработок ограждают нагорными и ловчими каналами.

При послонной добыче торфа поверхность болота постепенно понижается. Поэтому осушительным каналом первоначально придают максимальную глубину, а затем при уменьшении глубины каналов до предела, при котором они уже не обеспечивают требуемую глубину понижения грунтовых вод, углубляют картовые каналы, а при необходимости и проводящие.

Глубины элементов осушительной сети на болотах при осушении их для добычи торфа приведены в таблице 70.

ТАБЛИЦА 70

Глубина элементов осушительной сети на болотах, осушаемых для добычи торфа

Наименование элементов осушительной сети	Глубина, м	
	первоначальная	минимальная
Картовые каналы . . . . .	1,4—1,7	0,9—1,2
Валовые » . . . . .	2,0—2,5	1,5—1,7
Магистральные » . . . . .	3,0—4,0	2,0—2,5

По условиям рельефа глубина магистральных каналов может доходить до 5 м и более.

Заложение откосов картовых канав обычно принимают 1 : 0,5, а для валовых и магистральных каналов устанавливают по данным, приведенным в таблице 55.

Ширину магистральных и крупных валовых каналов по дну определяют гидравлическим расчетом, причем расчет ведут на пропуск расчетного расхода весенних вод к моменту начала сезона добычи торфа с проверкой на пропуск вод летних и осенних паводков.

Осушение торфяных болот для добычи торфа обычно выполняют в два приема. Сначала, за 1—2 года до начала добычи торфа, проводят предварительное осушение болота: по наиболее низким точкам дна болота прорывают магистральный канал, нагорные и ловчие каналы и некоторые из валовых каналов. При большой обводненности болота эти каналы часто сначала выполняют на неполную глубину. В результате такого осушения происходит основная осадка торфа и уплотнение его верхних слоев, чем обеспечивается нормальная работа землеройных машин при устройстве всей остальной осушительной сети и устойчивость откосов прорываемых каналов.

После осадки и уплотнения торфа доводят до полной проектной глубины ранее выполненные каналы и прорывают оставшиеся валовые и картовые каналы.

При осушении болот для добычи торфа крупную проводящую сеть выполняют одноковшовыми экскаваторами повышенной проходимости, специально рассчитанными для работы на неосушенных болотах. При регулировании рек-водоприемников используют также землесосные установки.

Картовые каналы после подсушки болота прорывают одноковшовыми или многоковшовыми экскаваторами различных марок на гусеничном ходу. Плужные канавокопатели при осушении торфяных болот для добычи торфа не применяют, так как глубокие каналы выполнять ими невозможно и эксплуатация их затруднена наличием в торфе древесных остатков — пней и погребенной древесины.

## § 85. Осушение лесных земель

**Задачи осушения.** Громадные площади лесов в северных районах нечерноземной полосы СССР страдают от избытка влаги и имеют очень низкий прирост древесины. Эти лесные избыточно увлажненные земли подразделяются на три основных вида: болота с мощностью торфа более глубины распространения основной массы корней деревьев (0,4—0,5 м) с постоянным избыточным увлажнением; заболоченные лесные земли с мощностью торфяного покрова меньше глубины распространения основной массы корней, характеризующиеся длительным периодическим увлажнением; лесные земли временного избыточного увлажнения (весной и осенью), не имеющие торфяного покрова.

Высокий уровень грунтовых вод на лесных землях угнетает деревья, уменьшает прирост древесины и как следствие снижает бонитет (качество) лесонасаждений.

В таблице 71 приведены данные о влиянии высоты стояния грунтовых вод на бонитет лесонасаждений.

Средние за период вегетации глубины грунтовых вод (в см)  
на территории лесонасаждений разных бонитетов  
(по Х. А. Писарькову)

Наименование древесных пород	Бонитет лесонасаждений			
	I	II	III	IV
Сосна . . . . .	40—90	30—70	20—35	7—20
Ель . . . . .	50—100	50—80	40—60	10—25

Характерной особенностью верховых и переходных лесных болот является постоянный интенсивный прирост мохового покрова в высоту (на 2—5 см в год) и в стороны по периферии болота (от 1 до 5 м в год). Прирост мха в высоту весьма отрицательно сказывается на росте деревьев, а при нарастании слоя мха на 40—60 см выше корневой шейки сосны она начинает погибать. В моховом покрове, как правило, не прорастают семена древесных пород и ухудшается лесовозобновление. В результате разрастания мохового покрова в стороны ежегодно очень значительно увеличивается площадь заболоченных лесов, которые при этом переходят из более высоких в более низкие бонитеты.

На лесных землях происходит также заболачивание и зарастание мхом вырубков и гарей в результате резкого уменьшения расходования влаги на испарение после сведения леса: с 300—400 мм за вегетационный период при наличии спелого древостоя до 180—200 мм на вырубках.

Цель лесосушительных мелиораций — снижение уровня грунтовых вод под лесонасаждениями до оптимальной глубины, обеспечивающей нормальное развитие деревьев (нормы осушения лесонасаждений), значения которой приведены в таблице 72.

ТАБЛИЦА 72

Нормы осушения древесных насаждений, м

Наименование насаждений	Норма осушения
Леса на минеральных землях . . . . .	0,5—0,8
Леса на торфяниках . . . . .	0,4—0,6
Лесопарки . . . . .	0,5—0,7
Парки в населенных пунктах . . . . .	0,8—0,9
Лесные питомники . . . . .	0,7—0,8

**Эффективность осушения лесных земель.** Наибольший экономический эффект дает осушение лесных земель постоянного

и длительного избыточного увлажнения, на которых главным образом ведутся лесоосушительные работы.

Наибольшее увеличение прироста древесины в результате осушения (до 4—5  $m^3/га$  в год) дают леса низких бонитетов: сосняки, ельники, лиственные и смешанные леса на травянистых и долгомошниково-сфагновых переходных болотах. Сосняки на сфагновых болотах дают прирост древесины до 2—3  $m^3/га$  в год, а леса-долгомошники III бонитета только 0,5—1,0  $m^3/га$  в год.

Эффективность осушения лесов временного увлажнения незначительна, поэтому на этих землях осушительные работы проводятся в небольшом объеме.

Кроме непосредственного увеличения производительности насаждений, лесоосушительные работы имеют и ряд других положительных сторон:

- улучшают условия естественного лесовозобновления;
- прекращают распространение болот на стороны и заболачивание вырубок;
- облегчают строительство лесных дорог и улучшают условия сухопутного транспорта леса;
- дают возможность использовать крупные осушительные каналы для сплава леса;
- облегчают борьбу с лесными пожарами, увеличивают ветроустойчивость древостоев, особенно еловых, благодаря более глубокому укоренению деревьев на осушенных землях;
- улучшают лесные сенокосы и пастбища;
- улучшают санитарно-гигиенические условия лесных насаждений.

**Способы осушения лесных земель.** Лесные земли для улучшения условий роста леса осушают редкой сетью открытых каналов, рассчитанных на отвод поверхностных вод на лесных заболоченных землях длительного увлажнения и на понижение уровня грунтовых вод на лесных торфяных болотах. Каналы регулирующей открытой сети на лесных землях называют осушителями. Закрытые осушительные системы при осушении лесных земель не применяют.

Средние расстояния между осушителями, принимаемые при осушении лесных земель, приведены в таблице 73.

В таблице 73 приведены расстояния для тех случаев, когда торф подстилается слабоводопроницаемыми грунтами; при наличии водопроницаемых грунтов расстояния между осушителями увеличивают на 20—30%; при наличии грунтово-напорного питания расстояния уменьшают на 20—40%.

При осушении лесопарков расстояния между осушителями, определенные для лесов соответствующего типа, уменьшают на 25—35%.

Ввиду того что на лесных землях не производят частую обработку почвы, здесь нет необходимости соблюдать строгую

Расстояния между осушителями при осушении лесных земель

Типы леса	Мощность торфа, м	Уклон поверхности	Расстояние между осушителями, м
Сфагново-травяные, сфагново-ягодниковые и осоково-болотные	Более 0,5	<0,005 0,005—0,01	150—220 200—250
Долгомошниково-сфагновые	0,2—0,5	<0,005 0,005—0,01	140—200 180—250
Сфагновые сосняки пятого бонитета	Более 0,5	0,005 0,005—0,01	120—180 180—200

параллельность осушителей и точные расстояния между ними. Осушительную сеть на лесных землях проектируют по возможности по наиболее низким точкам рельефа, прокладывая каналы в первую очередь по всем тальвегам и замкнутым понижениям, придерживаясь в среднем расстояний, приведенных в таблице 73. При этом стремятся совмещать осушительные каналы с кварталными просеками.

Проводящая осушительная сеть на лесных землях состоит из транспортирующих собирателей и магистральных каналов, отводящих воду в водоприемник. Общий вид осушительной сети на лесных землях представлен на рисунке 145. Глубину осушителей на лесных землях принимают в среднем 0,7—0,8 м, а при осушении парков — 0,8—1,0 м (после осадки торфа).

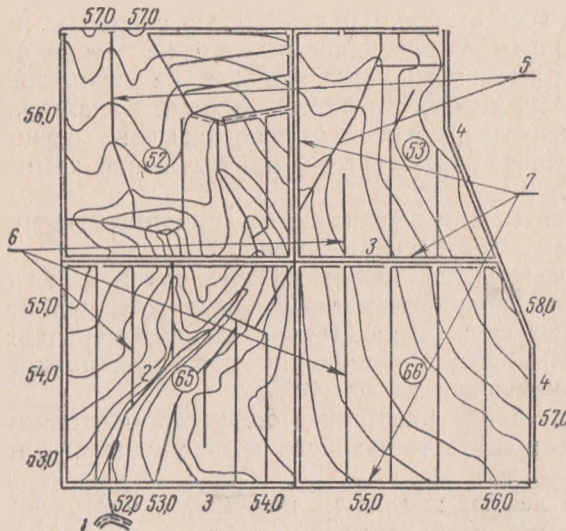


Рис. 145. Схема осушительной сети на лесных землях:

1 — водоприемник; 2 — магистральный канал; 3 — транспортирующие собиратели; 4 — нагорные каналы; 5 — тальвеговые каналы; 6 — осушители; 7 — кварталные просеки.

Во всех случаях нужно стремиться доводить дно осушителей до минерального дна болота, если глубина торфа превышает среднюю глубину осушителей не более чем на 0,1—0,2 м. Если болото подстилается тяжелыми грунтами, этим значительно уменьшается зарастание дна каналов водной растительностью, а если водопроницаемыми грунтами, то усиливается еще и осушающее действие каналов.

Глубину транспортирующих собирателей принимают на 0,1—0,2 м больше глубины осушителей, а глубину магистральных каналов — на 0,2—0,3 м больше глубины транспортирующих собирателей.

Коэффициент заложения откосов осушителей, выполняемых обычно канавокопателями, принимают равным 1,0, а для проводящих каналов определяют по данным, приведенным выше в таблице 55.

Ширину осушителей по дну на лесных землях принимают равной 0,3 м, а проводящих каналов при площади водосбора менее 500 га — 0,4—0,5 м. Если площадь водосбора проводящих каналов превышает 500 га, ширину их определяют гидравлическим расчетом.

Большинство древесных пород переносит довольно длительное затопление весенними полыми водами: дуб, ясень, клен — до 25 дней, ильмовые — до 40 дней, тополь — до 50 дней, ива и ольха белая и черная — до 60 дней. Поэтому проводящие каналы на лесных землях можно рассчитывать на пропуск послепаводковых весенних расходов при полном заполнении каналов, допуская затопление древесных насаждений в среднем до конца мая. Только при осушении парков проводящие осушительные каналы рассчитывают на пропуск всего расчетного расхода весенних вод также при полном заполнении каналов.

Если рассчитываемый канал предполагается использовать для лесосплава, ширину дна его принимают не менее 0,5 м, а расчетную глубину заполнения — не менее 0,5—0,6 м. Радиус закругления сплавных каналов на поворотах должен быть не менее десятикратной длины сплавляемых бревен.

При осушении лесных земель обязательно устраивают системы противопожарных водоемов, которые располагают в понижениях у магистральных каналов предпочтительно на пересечении их дорогами или кварталными просеками. Водоемы устраивают объемом 100—150 м<sup>3</sup> при глубине воды в них не менее 2,0—2,5 м и положении уровня воды при максимальном расчетном заполнении не менее чем на 0,5 м ниже поверхности земли. Эти водоемы заполняют водой из осушительных каналов при прохождении по ним паводковых расходов.

**Производство работ по осушению лесных земель.** Магистральные каналы и транспортирующие собиратели на лесных землях прорывают одноковшовыми экскаваторами разных марок,

из которых наиболее пригоден для работы в лесу экскаватор Э-352, имеющий удельное давление  $0,2 \text{ кг/см}^2$ .

Осушители глубиной до 0,8 м прорывают плужными канавокопателями ЛК-2, специально предназначенными для работы в лесу, на тяге двух тракторов С-100. Этот канавокопатель свободно преодолевает препятствия в виде камней весом до 1,5 т, а также пни и корни диаметром до 18 см. Канавокопатель может работать при наличии мерзлоты в почве и льда в каналах мощностью до 15 см.

Особенностью производства лесосушительных работ является необходимость предварительной очистки от древесной растительности трассы каналов для прохода механизмов и возможности их работы. Сначала с помощью обычных лесозаготовительных бензомоторных пил вырубают древесной на всей полосе под каналом, обеими бермами и кавальерами шириной не менее 7—10 м. Вырубленный лес трелюют с трассы и затем на полосе шириной, равной ширине канала по верху, корчуют пни и крупные камни с помощью навесного корчевателя-собиравателя, а на болотах — прямой тягой трактора С-100.

При прокладке каналов по кустарнику и мелколесью древесную растительность удаляют навесными кусторезами. На осушителях, прорываемых канавокопателями ЛК-2, при высоте кустарника и мелколесья до 6 м диаметром у корневой шейки до 10 см не обязательно предварительно удалять с трассы древесную растительность.

## § 86. Осушение строительных и промышленных площадок

**Задачи осушения.** К строительству специальных осушительных сооружений на строительных и промышленных площадках прибегают в тех случаях, когда они питаются грунтовыми водами, залегающими на небольшой глубине или выклинивающимися на площадку со стороны. Для отвода поверхностных вод в этом случае устраивают ливневую канализацию.

На тяжелых водонепроницаемых грунтах, где гравитационных грунтовых вод практически нет, специальные осушительные работы на строительных и промышленных площадках обычно не проводят.

На водопроницаемых грунтах задачей осушения площадок является понижение уровня грунтовых вод ниже основания подземных сооружений (фундаментов, подвалов) или дна траншей коммуникаций (электросети, теплосети, телефонной сети и др.). Такое глубокое понижение уровня грунтовых вод необходимо для обеспечения устойчивости сооружений и нормальной допустимой влажности конструкций и воздуха в подземных помещениях. В этом случае лучше всего устройство глубокого закрытого дре-

нажа. Осушение открытыми каналами здесь применить нельзя, так как на строительных и промышленных площадках невозможно прокладывать глубокие каналы.

Дренаж на строительных и промышленных площадках отличается от дренажа, устраиваемого для осушения сельскохозяйственных земель, повышенной прочностью труб и более высокой капитальностью в целом.

Причиной этого является: большая глубина закладки дрен (до 4—5 м) и трудная доступность их для ремонта, а также большие нагрузки на дренажные трубы от давления грунта и динамические нагрузки при движении транспорта.

**Системы закрытого дренажа на строительных и промышленных площадках.** Для осушения строительных и промышленных площадок применяют однолинейные, двухлинейные, кольцевые и площадные дренажные системы.

Однолинейные дренажные системы применяют при боковом питании осушаемой территории грунтовыми водами, поступающими на нее извне. Однолинейные системы состоят из одной дрены, которая в зависимости от расположения площадки и местных гидрогеологических условий может быть или прямолинейной, ограждающей площадку только с одной стороны, или криволинейной, охватывающей площадку с двух или с трех сторон. Преимуществом однолинейных систем является возможность расположения дрен на сравнительно большом расстоянии от ограждаемых объектов и даже за пределами осушаемой территории, где эти дрены не мешают производству строительных работ и эксплуатации построенных сооружений. Однолинейные системы особенно эффективны, когда мощность водоносного слоя сравнительно невелика и дренажные трубы могут быть уложены на водоупорном ложе.

Двухлинейные дренажные системы состоят из двух приблизительно параллельных дренажных линий, проходящих с верховой и низовой стороны осушаемой площадки. Такие системы наиболее целесообразны при осушении площадок, расположенных на приречных пойменных террасах с мощным водопроницаемым слоем. В этом случае верховую дрену прокладывают со стороны коренного берега поймы, а низовую — вдоль берега реки. Оградительные дрены можно также прокладывать за пределами осушаемой площадки.

Кольцевые дренажные системы представляют собой замкнутое кольцо дрен, окружающих осушаемую площадку со всех сторон. Их обычно устраивают при необходимости понижения уровня грунтовых вод на небольших участках в замкнутых или слабопроточных бассейнах, характеризующихся малыми уклонами депрессионной поверхности при большой мощности водоносного слоя. В таких условиях при устройстве кольцевых дренажных систем уровень грунтовых вод на огражденной территории



устанавливается на отметках, близких к отметкам уровня воды в дренах.

Площадный, или систематический, дренаж, как и сельскохозяйственный систематический дренаж, состоит из расположенных параллельно друг другу дренаж-осушителей, равномерно покрывающих всю осушаемую площадь и отводящих воду в закрытые коллекторы, которые впадают в открытые каналы или естественные водотоки. Площадный дренаж применяют для осушения больших площадей с застойными грунтовыми водами при большой мощности водоносного слоя, когда кольцевые системы вследствие большой площади ограждаемой территории оказываются недостаточными. Большим затруднением при проектировании площадного дренажа на строительных и промышленных площадках является необходимость размещения его только вдоль улиц или проездов и по незастроенным участкам внутри кварталов, так как пересечение дренами построек всех видов не допускается. Проектируемая дренажная система должна быть также полностью увязана с существующим и проектируемым подземным хозяйством населенного пункта.

Весьма затруднительны также строительство и эксплуатация площадного дренажа на территории населенного пункта. Поэтому такие системы дренажа на строительных и промышленных площадках применяют только в тех случаях, когда по гидрогеологическим и топографическим условиям ограждающие системы дренажа не могут быть эффективны.

Положение дрен в плане и глубину их заложения на строительных и промышленных площадках определяют расчетом, пользуясь формулами гидравлики грунтовых вод с учетом мощности и дебита грунтового потока. Во избежание осадки сооружения при строительстве дренажа минимальное допустимое расстояние от оси дрены до основания фундамента сооружения определяют по формуле:

$$l_{\min} = \frac{b}{2} + \frac{H-h}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (\text{II—40})$$

где  $H$  — глубина заложения дрены, м;  
 $h$  — глубина заложения фундамента, м;  
 $b$  — ширина дренажной траншеи, м;  
 $\varphi$  — угол внутреннего трения грунта.

В тех случаях, когда основание фундамента сооружения лежит ниже дрены, прокладываемой на водоупоре, или когда определенное по формуле (II—40) расстояние окажется менее 5 м, принимают  $l_{\min} = 5$  м.

В тех случаях, когда не допускается переувлажнение подземных частей сооружений водами, поднимающимися от уровня грунтовых вод по капиллярам (складские и вспомогательные помещения в подвалах), при определении глубины закладки

дрен расчетную глубину понижения уровня грунтовых вод увеличивают на высоту капиллярного поднятия воды в данном грунте.

Средние значения высоты капиллярного поднятия воды:

для крупнозернистых песков . . . . .	2,0—3,5 см
» среднезернистых » . . . . .	12—35 »
» мелкозернистых » . . . . .	35—120 »
» супесей . . . . .	120—350 »
» суглинков . . . . .	350—650 »

**Конструкции дренажа строительных и промышленных площадок.** На строительных и промышленных площадках применяют асбестоцементные, керамические и гончарные дренажные трубы с внутренним диаметром не менее 14 см, а в некоторых случаях дощатые дрены сечением не менее 15×15 см.

В строительстве наиболее распространены безнапорные асбестоцементные трубы, а при наличии агрессивных грунтовых вод — керамические. Гончарные дренажные трубы применяют реже, а дощатые только при осушении площадок на торфяниках при отсутствии на них ответственных сооружений. Асбестоцементные трубы имеют длину 4 м, внутренний диаметр 141 или 165 мм.

Для приема воды в трубах делают поперечные боковые пропилы длиной 4—5 см, шириной 3—5 мм на расстоянии от 25 до 50 см друг от друга с каждой стороны в шахматном порядке. Иногда устраивают круглые водоприемные отверстия диаметром 10 мм, которые просверливают по обеим сторонам трубы через 10—15 см в шахматном порядке.

Асбестоцементные дренажные трубы соединяют между собой заводскими асбестоцементными муфтами (без уплотнения соединений резиной) или изготовленными на месте строительством из цементного раствора.

Керамические трубы длиной 0,8—1,0 м с раструбом на одном конце укладывают с зазорами 10—20 мм, причем нижнюю часть каждого соединения на высоту  $\frac{1}{3}$  диаметра заделывают асфальтовой мастикой, а верхняя часть зазора остается свободной для приема воды.

В гончарные и дощатые дрены грунтовые воды, так же как и в сельскохозяйственном дренаже, поступают через зазоры в стыках и через щель, оставляемую под верхней доской при сколачивании дощатых труб.

Вокруг трубчатых дрен всех видов, закладываемых на строительных и промышленных площадках (за исключением дощатых), обязательно устраивают песчано-гравийный фильтр, простейшая конструкция которого показана на рисунке 146. Для внутреннего слоя фильтра применяют щебень и гравий твердых пород (гранит, кремнистый известняк и др.), а для наружного — крупнозернистый песок.

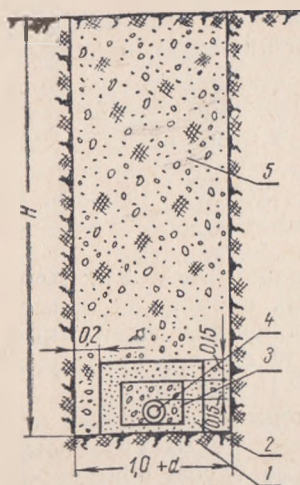


Рис. 146. Конструкция трубчатой дрены на строительной площадке:

1 — щебень, втрамбованный в грунт; 2 — крупнозернистый песок; 3 — щебень или крупный гравий; 4 — трубчатая дрена; 5 — засыпка из местного грунта.

Трубчатые дрены на строительных площадках укладывают в траншеи с вертикальными стенками или в открытые каналы с откосами. В первом случае из-за большой глубины заделки дрен стенки траншей укрепляют. Для возможности устройства песчано-гравийного фильтра ширина по дну траншей и открытых каналов должна быть не меньше 1 м. При укладке дрен в каналы с откосами можно более широко механизировать земляные работы и избежать лишних затрат на крепление траншей, поэтому несмотря на значительное увеличение объема земляных работ, данный способ укладки дрен является более дешевым и применяется в тех случаях, когда есть возможность устраивать широкие выемки, не нарушая существующей застройки и коммуникаций.

Кроме трубчатого дренажа, на строительных и промышленных площадках часто применяют пластовый дренаж для осушения подвальных помещений, который устраивают в мощных водонасыщенных пластах сравнительно тяжелого механического состава. Пластовый дренаж очень хорошо предохраняет сооружения от увлажнения капиллярными водами и дает возможность в супесях и суглинках уменьшить расчетную глубину понижения уровня грунтовых вод. Пластовый дренаж представляет собой сплошной двухслойный песчано-гравийный фильтр, уложенный под полом подвала, при толщине каждого слоя 10 см. По внутреннему контуру сооружения под полом устраивают канавку шириной по дну 0,3 м, глубиной 0,2 м, также заполненную гравием или щебнем, на дно которой укладывают гончарную дрену диаметром 7,5—10,0 см. Чугунными трубами, заполненными гравием и проходящими сквозь фундамент здания, эту дрену соединяют с трубчатыми дренами, уложенными вне здания. Поднимающаяся по капиллярам вода скапливается в пластовом фильтре, просачивается по нему во внутреннюю сборную дрену, из которой отводится во внешнюю дренажную сеть.

На строительных и промышленных площадках можно также устраивать вертикальный трубчатый дренаж с откачкой воды из колодцев (аналогично способу осушения сельскохозяйственных земель, рассмотренному в предыдущей главе).

## ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ. ОСВОЕНИЕ ОСУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

### § 87. Проектирование осушительных мелиораций

**Состав проекта в различных стадиях проектирования.** Проекты осушения земель составляют проектные институты или их отделения на основании выдаваемого им задания на проектирование, которое составляется министерствами и ведомствами на основе перспективных планов развития сельского хозяйства в данном районе.

Осушительные системы, как правило, проектируют в две стадии: сначала составляют проектное задание и после его утверждения разрабатывают рабочие чертежи. При проектировании осушения на площади менее 1500 га, а также отдельных каналов и гидротехнических сооружений на них с расходом менее 25 м<sup>3</sup>/сек в несложных природных условиях, при сметной стоимости менее 500 тыс. руб., допускается составление проекта в одной стадии.

При сложных природных условиях и при наличии в составе проекта крупных гидротехнических сооружений и насосных станций с разрешения инстанций, утверждающих задание на проектирование, разрешается составление проекта в три стадии: проектное задание, технический проект и рабочие чертежи.

Цель проектного задания — установить техническую возможность и экономическую целесообразность намечаемого мелиоративного строительства, определить размеры и размещение мелиорируемых земель, водоприемники осушительных систем, источники снабжения энергией механического осушения, установить основные технические решения осушительных систем и способы их осуществления, подобрать типовые проекты на гидротехнические сооружения на осушительных системах, а также определить общую стоимость строительства и основные технико-экономические показатели.

При составлении проектных заданий часто разрабатывают несколько вариантов технического решения и на основании сравнения технико-экономических показателей по каждому из них определяют наилучший вариант.

В состав проектного задания входят:

1. Общая часть, включающая описание природных условий объекта и всех проектируемых мероприятий с учетом нужд смежных отраслей народного хозяйства; генеральный план ме-

лиоративной системы на топографической основе; характеристику вариантов и выбор наилучшего; водохозяйственные расчеты.

2. Сводный сметно-финансовый расчет, определяющий стоимость всего строительства и сметно-финансовые расчеты по отдельным объектам.

3. Экономическая часть, в которой даются анализ капитальных затрат на мелиоративное строительство и сельскохозяйственное освоение, основные технико-экономические показатели и оценка экономической целесообразности и эффективности предполагаемого строительства.

4. Организация сельского хозяйства на мелиорируемой территории и очередность освоения.

5. Техническая часть, в которую входят: продольные и поперечные профили водоприемника и основных проектируемых каналов; планы и разрезы гидротехнических сооружений, которые будут строить по индивидуальным проектам; перечень примененных типовых проектов; спецификация на основное оборудование и схемы электроснабжения насосных станций.

6. Эксплуатация мелиоративных систем, которая включает схему организации эксплуатационной службы, потребность в кадрах, оборудовании и средствах на эксплуатационные расходы.

7. Организация строительства, в которую входят объемы основных видов строительно-монтажных работ и способы их производства; план осуществления строительства по годам и потребность в механизмах и кадрах рабочих и инженерно-технических работников.

8. Сводная записка, содержащая краткие сведения по всем частям проектного задания.

При составлении проектных заданий по осушению открытыми каналами объектов площадью более 15 тыс. га и по осушению закрытым дренажем площадью более 5 тыс. га регулирующую осушительную сеть проектируют не на всей площади, а только на типовых участках, выбранных в различных природных и хозяйственных условиях. Общую стоимость регулирующей сети по объекту в этом случае определяют по стоимости ее на 1 га соответствующего типового участка.

Рабочие чертежи при двухстадийном проектировании разрабатывают на основе утвержденного проектного задания. Они содержат следующие материалы:

подробные продольные и поперечные профили всех проектируемых каналов, закрытых коллекторов дренажных систем и оградительных валов;

ведомости сооружений с указанием основных конструктивных размеров, отметок и привязок к трассам каналов;

общие планы, разрезы и детализировочные чертежи гидротехнических сооружений, проектируемых в индивидуальном поряд-

ке, с увязкой всех строительных конструкций с устанавливаемым оборудованием;

уточнение в случае необходимости водохозяйственных расчетов;

уточнение плана сельскохозяйственного освоения и организации сельского хозяйства на мелиорируемой территории.

В состав одностадийного проекта входят:

1. Пояснительная записка, содержащая краткую характеристику природных условий объекта; определение расчетных расходов проводящих каналов и водоприемника; объем строительных, монтажных и культуртехнических работ с указанием способов их производства; ведомости потребности в строительных материалах, механизмах, транспорте и рабочей силе; сводную смету.

2. Генеральный план с нанесением осушительной сети и всех сооружений.

3. Продольные и поперечные профили водоприемника, проводящих каналов и закрытых коллекторов дренажных систем с подсчетом объемов земляных работ.

4. Типовые проекты сооружений с привязкой их к месту расположения.

5. Планы и разрезы сооружений, проектируемых индивидуально.

Типовые проекты массовых гидротехнических сооружений составляют для того, чтобы не повторять проектирование их для каждого отдельного объекта. Типовые проекты состоят из полного комплекта рабочих чертежей по всем частям сооружения с пояснительной запиской и сметой по объемам работ, по потребности в готовых деталях и материалах, по затратам труда и стоимости сооружений в зависимости от основных параметров сооружения.

Утвержденные типовые проекты являются обязательными для применения; в них разрешается вносить только некоторые изменения, связанные с привязкой сооружений к месту их постройки.

**Технические условия и нормы проектирования.** Расстояния между осушительными каналами и дренами, их глубину и поперечные размеры, а также другие элементы определяют, пользуясь «Техническими условиями и нормами проектирования» (ТУИН), которые составляются на основании обобщения данных научных учреждений и опыта проектных организаций и утверждаются в установленном порядке.

В дополнение к общим ТУИН научно-исследовательские и проектные институты разрабатывают инструкции, рекомендации и указания по различным вопросам проектирования осушительных систем применительно к местным природным и хозяйственным условиям отдельных зон, республик и областей. При этом

все нормы, определяющие устойчивость и долговечность проектируемых сооружений (коэффициенты заложения откосов каналов и дамб, допустимые размывающие скорости, значения коэффициента шероховатости  $n$ , минимальные уклоны осушительных линий и др.), должны быть полностью увязаны со «Строительными нормами и правилами» (СНИП), издаваемыми Госстроем СССР.

## § 88. Состав мелиоративных изысканий для составления проектов осушения

**Предварительное обследование.** Предварительное обследование производят для определения стадийности проектирования, разработки задания на проектирование и для составления программы и сметы на весь комплекс проектно-исследовательских работ.

В состав предварительного обследования входят:

сбор и изучение всех имеющихся материалов по объекту осушения;

полевые обследования, при которых определяют границы территории, подлежащей осушению, причины избыточного увлажнения, возможные способы осушения и освоения, наличие и состояние водоприемников, экономическое состояние хозяйств землепользователей и перспективы их развития, состав и объем необходимых исследовательских работ;

камеральная обработка собранных материалов и составление обзорной записки.

**Детальные изыскания.** Детальные мелиоративные изыскания проводят для получения материалов, необходимых при составлении проектного задания или одностадийного проекта осушения.

В состав детальных входят следующие изыскания: топографо-геодезические, инженерно-геологические, почвенно-мелиоративные и культуртехнические, гидрологические, гидротехнические и агроэкономические.

Топографо-геодезические изыскания заключаются в проведении плановой и высотной съемки объекта осушения. При площади осушения свыше 500 га съемку выполняют в соответствии с инструкциями Главного управления геодезии и картографии, а на участках менее 500 га — по упрощенной инструкции Министерства сельского хозяйства СССР, также согласованной с ГУГК. Основными видами топографической съемки при мелиоративных изысканиях являются: при наличии материалов аэрофотосъемки — комбинированная съемка на фотопланах, а при отсутствии материалов аэрофотосъемки — мензульная наземная съемка.

Масштабы топографических съемок при мелиоративных изысканиях в зависимости от ее назначения и размеров снимаемой площади приводятся в таблице 74.

ТАБЛИЦА 74

Масштабы топографической съемки при мелиоративных изысканиях

Содержание проекта	Масштаб съемки	
	при сложном рельефе	при несложном рельефе
Осушение открытыми каналами . . . . .	1:5000	1:10 000
Осушение закрытым дренажем . . . . .	1:2000	1: 5 000
Регулирование рек . . . . .	1:2000	1: 5 000
Проекты сооружений . . . . .	1:1000	1: 2 000

Примечания. 1. При осушении закрытым дренажем участков площадью более 5000 га допускается съемка в масштабе 1 : 10 000 с дополнительной съемкой типовых участков в масштабе 1 : 2000 или 1 : 5000.

2. Для объектов площадью свыше 150 000 га допускается использовать при проектировании планы государственной съемки в масштабе 1 : 25 000 со съемкой типовых участков в масштабе, приведенном в таблице 74.

При топографической съемке для составления проектов осушения особое внимание обращают на точное отображение всех деталей рельефа — тальвегов, западин, местных повышений и минерального дна торфяников, обязательно также нанесение всех водоемов, выходов на поверхность грунтовых вод, источников, колодцев с выпиской отметок уровня воды в них.

По всем водотокам, требующим регулирования, промеряют поперечные сечения русла при среднем расстоянии между поперечными створами 100 м. Промеры по створам выполняют:

для водотоков шириной до 20 м . . . . .	через 2 м
» » » от 20 до 50 м . . . . .	» 5 м
» » » более 50 м . . . . .	» 7—8 м

Инженерно-геологические изыскания производят для выяснения следующих вопросов: геологического и литологического строения местности; распространения, мощности и водообильности водоносных слоев; геоморфологического строения местности (речные долины, террасы и водоразделы); физических и водных свойств поверхностных отложений. Инженерно-геологические съемки выполняют в тесной увязке с почвенно-мелиоративными изысканиями в масштабе при сложном геологическом строении — 1 : 25 000 и при несложном строении — 1 : 50 000.

Основным способом производства инженерно-геологических съемок является закладка буровых скважин: опорных для изучения геологического строения объекта, гидрогеологических для



изучения режима подземных вод и определения коэффициентов фильтрации и мелкоразведочных (глубиной 3—6 м) для исследования литологического строения поверхностных слоев. В последнем случае используют также шурфы, закладываемые при почвенных съемках. Кроме буровых скважин и шурфов, при инженерно-геологических съемках используют все имеющиеся естественные обнажения по берегам рек, оврагам и тальвегам. Помимо общих площадных инженерно-геологических съемок, по трассам рек-водоприемников через 0,6—0,8 км и в местах постройки гидротехнических сооружений закладывают дополнительные разведочные скважины на глубину на 1,5—2,0 м ниже дна водоприемника или основания сооружения.

На крупных объектах при наличии ясно выраженных водоносных слоев или значительных торфяников закладывают стационарные наблюдательные буровые скважины, оборудованные фильтрами, для длительных наблюдений за колебаниями уровня грунтовых вод после окончания изысканий.

Коэффициенты фильтрации всех литологических разностей определяют путем опытных откачек из одиночных или групповых скважин, наблюдая впоследствии за скоростью восстановления уровня воды в скважинах. При глубоком стоянии уровня грунтовых вод и в том случае, когда невозможно применить метод откачки из скважин, коэффициент фильтрации поверхностных слоев определяют методом инфильтрации воды, наливаемой в опытные шурфы.

Из всех выработок, закладываемых при инженерно-геологических изысканиях (буровых скважин и шурфов) из слоев, которые будут затронуты при мелиоративном строительстве, отбирают пробы грунта для лабораторных анализов в количестве 0,5 кг для несвязных и 0,7—0,8 кг для связных грунтов.

На основании материалов изысканий составляют инженерно-геологическую карту объекта. При одностадийном проектировании вместо этой карты составляют совмещенную почвенно-мелиоративно-литологическую карту.

Цель почвенно-мелиоративных и культуртехнических изысканий — дать характеристику почв объекта в отношении плодородия, степени увлажнения и потребности в мелиоративных мероприятиях, а также определить состояние поверхности объекта и методов, объемов и стоимости мероприятий по освоению.

Почвенно-мелиоративные изыскания заключаются в составлении почвенно-мелиоративных карт в масштабе 1 : 10 000. Для составления этих карт на местности закладывают сеть основных почвенных разрезов (шурфов) глубиной до 1,5—2,0 м и мелких прикопок для определения границ между почвенными разностями (2—3 шт. на каждый основной разрез).

В зависимости от сложности почвенного покрова при масштабе почвенной съемки 1 : 25 000 закладывают один основной

разрез на 25—50 га, а при масштабе съемки 1:10 000 — один разрез на 10—18 га.

По окончании почвенной съемки на всех наиболее распространенных почвенных разностях выбирают площадки, на которых определяют основные водно-физические свойства почвогрунтов: полевую влагемкость, коэффициент фильтрации, водоотдачу. Из типичных разрезов отбирают также пробы для проведения лабораторных анализов почв (механический и агрегатный состав, содержание гумуса и доступных для растений фосфора и калия, актуальной и гидролитической кислотности и др.).

При культуртехнических изысканиях, которые выполняют одновременно с почвенно-мелиоративными, выявляют следующие особенности территории: 1) заростность древесно-кустарниковой растительностью по густоте, диаметру стволов и высоте деревьев и кустарника; 2) наличие пней на поверхности и в торфяной залежи по густоте, диаметру и твердости (давности рубки); 3) наличие кочек по густоте, высоте и типу (происхождение); 4) засоренность камнями по количеству (в  $m^3/га$ ), размерам и характеру залегания; 5) наличие ям и карьеров по глубине и объему.

Для получения всех перечисленных показателей на исследуемой территории закладывают учетные площадки размером  $10 \times 10$  или  $10 \times 20$  м.

Результаты культуртехнических изысканий оформляют в виде карты культуртехнических условий осушаемой территории, составляемой в масштабе генерального плана.

Цель гидрологических изысканий получить данные, необходимые для проведения гидрологических расчетов осушительных систем. Они заключаются в первую очередь в сборе имеющихся гидрологических материалов Управления гидрометслужбы и других ведомств. Камеральным путем собирают метеорологические данные характеризующие климат района, а также данные об уровненом режиме рек и о характере речного стока (средний многолетний сток и максимальные расходы паводков с кривыми их обеспеченности). Если имеющихся материалов, наблюдений недостаточно, проводят полевое гидрологическое обследование, которое заключается в осмотре русел рек, их пойм и водосборных площадей с опросом местных жителей о прохождении паводков, а также в проведении наблюдений за уровнем воды и расходом рек по временным водомерным постам, устанавливаемым по всем подлежащим расчету водотокам на расстоянии в среднем 10—20 км друг от друга.

При гидротехнических изысканиях, которые проводят обычно одновременно с гидрологическими, выясняют следующие вопросы: 1) современное использование водоприемников (рек и водоемов) и их санитарное состояние; 2) наличие и состояние мелиоративных и гидротехнических сооружений; 3) условия

производства строительных работ — возможность получения строительных механизмов и транспорта, условия получения и доставки строительных материалов и готовых конструкций и деталей, состояние подъездных путей и возможность получения электроэнергии.

Агроэкономические изыскания заключаются в сборе материалов, необходимых для составления проекта организации сельского хозяйства на мелиорируемой территории для производства расчетов эффективности проектируемых мелиораций. Для этого собирают следующие данные: о современном состоянии хозяйства и его направлении, структуре посевных площадей, применяемой агротехнике, урожайности, валовых сборах; о перспективах развития хозяйства с учетом использования мелиорируемых земель; о поголовье скота и его намечаемом росте; о численности населения и рабочих; о показателях выхода продукции на единицу площади пашни и сельскохозяйственных угодий и о себестоимости продукции. При проведении агроэкономических изысканий с хозяйствами согласуют предполагаемые способы осушения земель, стадии проектирования и сроки проведения мелиоративно-строительных работ.

### § 89. Освоение осушенных земель

Работы по освоению осушенных земель состоят из двух различных комплексов: культуртехнические работы по приведению поверхности осушаемых земель в состояние, при котором возможна их обработка (удаление кустарника и мелколесья, корчевка пней, уничтожение кочек, уборка камня и первичная планировка поверхности), и работы по первоначальному окультуриванию осваиваемых земель (первичная обработка, внесение извести на кислых почвах и внесение первых повышенных доз органических и минеральных удобрений).

**Механические способы удаления кустарника и мелколесья.** Перед удалением лесокустарниковой растительности обычными лесозаготовительными средствами срезают и используют на деловую древесину и дрова все более крупные деревья. После этого кустарник и мелколесье срезают навесными на тракторы кусторезами (рис. 147). Кусторез состоит из основной рамы, которая навешивается впереди трактора и поднимается и опускается с помощью лебедки. На этой раме укреплены два горизонтальных ножа, установленных под острым углом к оси трактора, и щиты из листового стали, которыми срезанные деревья отодвигаются в стороны от пути движения трактора. Для предохранения трактора от повреждения падающими деревьями над ним устроена защитная рама. Кусторезы предназначены

для срезки кустарника и мелколесья с диаметром стволов до 10 см, но они могут срезать отдельные деревья диаметром до 15 см.

Наиболее успешно кусторезы работают зимой по промерзшей почве, при высоте снежного покрова до 0,5 м. Обязательное условие хорошей работы кусторезов — острые ножи, которые затачивают, не снимая с машины, специальным точильным приспособлением, работающим от вала отбора мощности трактора. Кустарник и мелколесье, срезанные кусторезом, собирают в кучи или валы кустарниковыми граблями различных типов, просушивают и сжигают.

При высоте кустарника до 2,5 м при наличии мощного гумусового слоя (не менее 0,25 м) целесообразно производить прямую запашку кустарника без предварительной срезки с помощью кустарниково-болотных плугов или навесных на тракторы машин-агрегатов для освоения земель. Наиболее легко запахивается кустарник и мелколесье ольховых пород; ива, береза и осина поддаются запашке труднее.

Крупные пни диаметром до 40 см, оставшиеся после срезки деревьев, корчуют тракторными корчевателями-собирающими,

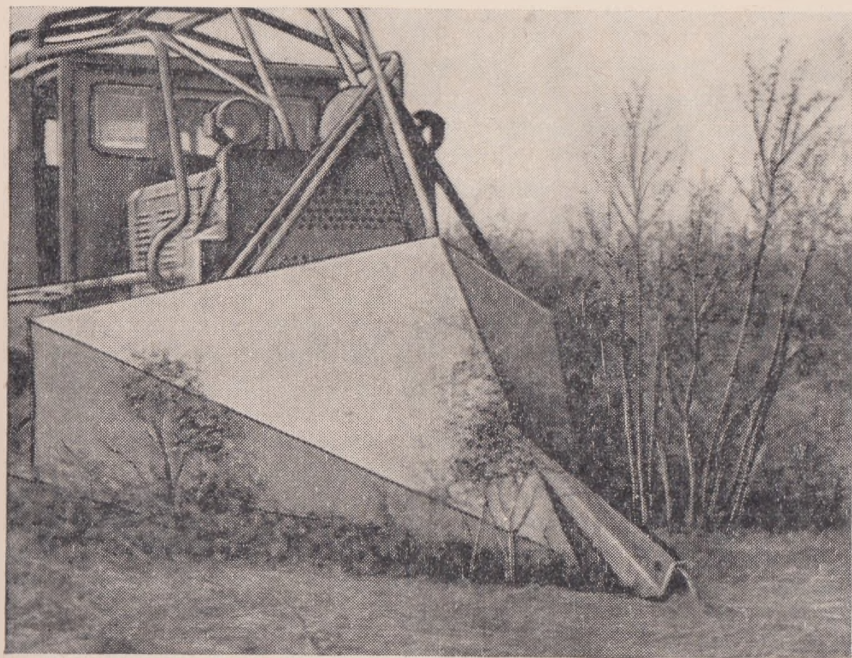


Рис. 147. Кусторез.

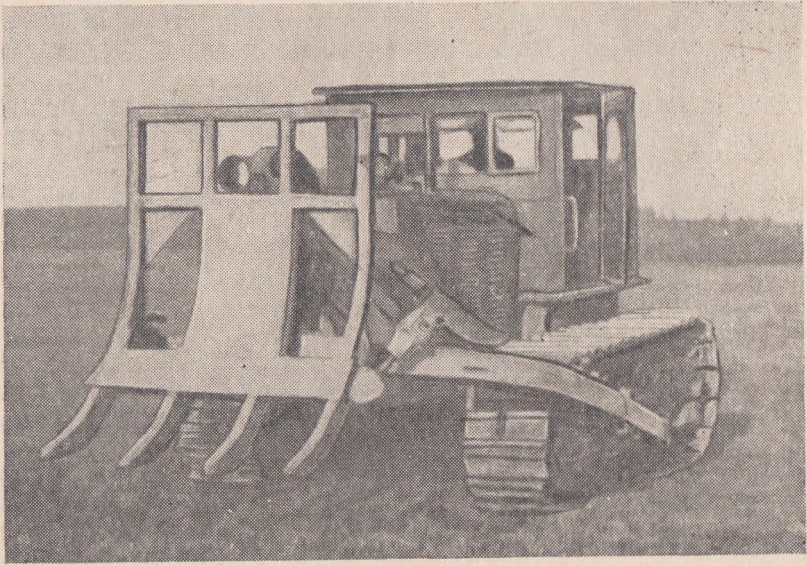


Рис. 148. Корчеватель-собираатель.

которые представляют собой тяжелые навесные рамы с клыками, расположенными впереди трактора (рис. 148). Этими же машинами выкорчеванные пни собирают в кучи или удаляют за пределы осваиваемого участка.

При подкорчевке некрупных пней после работы кустореза для облегчения последующей вспашки иногда применяют навесные сзади трактора рельсовые бороны, представляющие собой тяжелую треугольную раму с укрепленными на ней зубьями, изготовленными из заостренных отрезков железнодорожных рельсов.

Тракторные корчеватели-собираатели применяют также для корчевки кустарника и мелколесья, без предварительной срезки кусторезами. В этом случае, чтобы избежать сгребания гумусового слоя почвы вместе с корневой системой выкорчеванного кустарника, корчевание и сбор выкорчеванной массы выполняют раздельно.

Выкорчеванный кустарник и мелколесье оставляют на месте (без сгребания) 10—20 дней и более (этот срок необходим для просыхания почвы на корнях). После этого кустарник и мелколесье сгребают в кучи кустарниковыми граблями, просушивают и сжигают.

Если на осваиваемом участке имеется торф, кучи кустарника и мелколесья по соображениям пожарной безопасности

можно сжигать только ранней весной или поздней осенью при выпадении обильных дождей.

**Химический способ удаления кустарника и мелкокося.** При химическом способе удаления древесно-кустарниковой растительности ее сначала обрабатывают химическими веществами — арборицидами, под действием которых растительность засыхает. Этим значительно облегчается ее последующая уборка механическими средствами и на 15—20% уменьшаются общие затраты на эти работы.

В качестве арборицидов обычно используют сложные эфиры и соли 2, 4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2, 4-Д) и 2, 4, 5-трихлорфеноксиуксусной кислоты (2, 4, 5-Т).

Рабочую смесь для опрыскивания готовят в виде водного раствора с обязательным добавлением смачивателя ОП-7 для увеличения токсического действия арборицидов.

Потребные дозы арборицидов на 1 га обрабатываемой площади приведены в таблице 75.

ТАБЛИЦА 75

Дозы арборицидов для обработки древесно-кустарниковой растительности, кг действующего вещества на 1 га

Пресобладающие древесные породы	Наименование арборицидов		
	бутиловый эфир 2,4-Д	яминная соль 2,4-Д	натриевая соль 2,4-Д
Ольха серая и черная, ивы на пойменных землях . . . . .	2,5—3,5	3,0—4,0	3,5—4,5
Береза, ольха кустарниковая . . . . .	3,0—4,0	3,5—4,5	4,0—5,0
Ивы на переувлажненных и заболоченных землях . . . . .	4,0—6,0	4,5—6,5	—

Древесно-кустарниковую растительность опрыскивают арборицидами с самолетов или наземным способом с помощью тракторных опрыскивателей (рис. 149). В первом случае составляют более концентрированные растворы арборицидов в объеме 125—250 л/га, во втором случае — более слабые в объеме 1500—2500 л/га.

Растительность опрыскивают в период от полного распускания листьев до середины августа. При первом опрыскивании обычно не происходит полного засыхания растительности, поэтому его повторяют через год, применяя нижние пределы доз арборицидов, указанных в таблице 75.

Засохший кустарник любой густоты высотой до 2,5 м запахивают кустарниково-болотным плугом без предварительной обработки.

Редкий засохший кустарник высотой до 5 м ломают и измельчают ребристым катком, после чего также запахивают в

почву на месте. Более густой и более высокий кустарник после засыхания ломают корчевальной цепью, которая представляет собой отрезок тяжелой якорной цепи длиной 50 м. В средней части этой цепи на протяжении  $\frac{2}{3}$  ее длины, через 70—80 см друг от друга, приваривают острые лезвия вроде топоров, а на самой середине прикрепляют шаровой груз весом 2—3 т.

Для ломки засохшего древостоя корчевальную цепь протаскивают в два прохода на тяге двух тракторов С-100. После прохода корчевальной цепи сваленный засохший древостой собирают тракторными граблями в кучи и валы, просушивают и сжигают. После обработки древесно-кустарниковой растительности арборицидами нет необходимости в проведении корчевальных работ, так как пни и крупные корни под действием арборицидов также быстро разрушаются.

**Уборка камней.** Камни, мешающие обработке полей и подлежащие уборке, разделяют на две категории: крупные, диаметром более 0,5 м, залегающие в подпахотном слое и верхушкой выступающие на поверхность, и мелкие, диаметром менее 0,5 м, свободно лежащие в пахотном слое, перемещаемые при каждой его обработке.

Крупные камни весом до 10 т корчевателями-собирающими выкорчевывают из почвы и нагружают на стальные листы (пены), на которых их вывозят за пределы участка.

Средние и мелкие камни бульдозерами предварительно собирают в кучи, а затем также погружают на стальные листы и вывозят с участка.

**Уничтожение кочек и планировка поверхности.** На минеральных землях земляные кочки (скотобойные, кротовые, муравьиные)

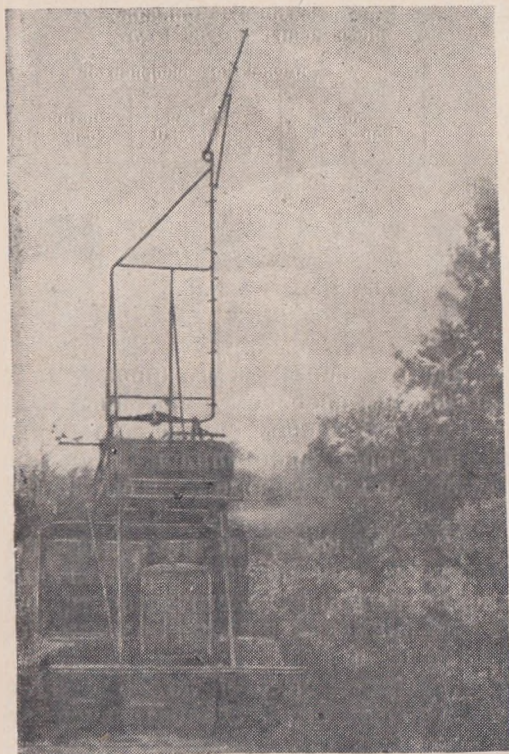


Рис. 149. Тракторный опрыскиватель.

уничтожают тяжелыми дисковыми боронами. Растительные (моховые и осоковые) кочки высотой 25 см легко запахиваются кустарниково-болотными плугами без предварительной обработки. Более высокие кочки предварительно разделяют навесными рельсовыми боронами или фрезерными барабанами. На торфяных болотах осоковые кочки высотой до 30—40 см прикатывают тяжелыми тракторными катками, после чего их можно запахивать кустарниково-болотными плугами.

После уничтожения древесно-кустарниковой растительности и кочек и окончания уборки камней производят планировку поверхности. Ямы из-под выкорчеванных пней и камней, а также разного рода старые выемки (канавы, глубокие борозды, котловины, окопы и др.) засыпают бульдозерами. Старые земляные насыпи, кавальеры каналов и валики срезают тяжелыми грейдерами.

**Первичная обработка вновь осваиваемых земель.** После проведения всех перечисленных культуртехнических работ производят первичную вспашку вновь осваиваемых земель на глубину от 20 до 35 см (в зависимости от мощности гумусового слоя) однокорпусными, двухкорпусными или трехкорпусными кустарниково-болотными плугами. Целину вспахивают узкими загонами (шириной 12—15 м) вдоль постоянных осушительных каналов. Сразу же после окончания вспашки однокорпусным плугом прокладывают водоотводные борозды, пересекающие все разъемные борозды и отводящие воду из них в осушительные каналы.

Поднятый пласт целины разрыхляют дисковыми боронами и прикатывают тяжелыми катками. Дискование пласта производят тяжелыми дисковыми боронами с вырезными дисками в 3—4 следа. После дискования поле прикатывают, этим достигается более тщательное выравнивание поверхности и уплотнение пахотного слоя для возобновления капиллярной связи его с подпочвенными слоями.

При освоении торфяных и торфянисто-болотных почв (при мощности торфянистого слоя более 30 см) первичную обработку можно производить и без вспашки орудиями, только разрыхляющими, но не оборачивающими дерновой слой, — рельсовыми корчевальными боронами, фрезерными барабанами или дисковыми плугами. После обработки корчевальной бороной поле дискуют в 1—2 следа обычной дисковой бороной, после обработки фрезерным барабаном можно сразу же сеять сельскохозяйственные культуры.

**Известкование вновь осваиваемых земель и внесение удобрений.** Большинство вновь осваиваемых земель на болотах и на минеральных землях характеризуется повышенной кислотностью, которая препятствует нормальному развитию сельскохо-



зайственных культур и полезной почвенной микрофлоры. По степени кислотности почвы подразделяют на следующие группы: сильнокислые — верховые и близкие к ним переходные болота (рН солевой 2,5—3,5); среднекислые — переходные болота и многие почвенные разности на минеральных сильнозаболоченных землях (рН солевой 3,5—4,5); слабокислые — низинные болота и большинство почвенных разностей на минеральных целинных землях (рН солевой 4,5—6,0); нейтральные и щелочные (рН солевой 6—7).

Для устранения повышенной кислотности при освоении болот и минеральных избыточно увлажненных земель производят их известкование. При определении необходимых доз извести учитывают как степень кислотности почвы, так и допустимые пределы кислотности для предполагаемых к возделыванию сельскохозяйственных культур, которые по этому признаку разделяются на три группы:

1) культуры, переносящие повышенную кислотность почвы: овес, озимая рожь, картофель, люпин;

2) культуры, допускающие слабокислую реакцию почвы: яровая пшеница, горох, вика, лен, подсолнечник, турнепс, клевер, многолетние злаковые травы;

3) культуры, переносящие только очень слабокислую реакцию: озимая пшеница, кукуруза, свекла, капуста, лук, конопля.

Обычные дозы извести (СаО) при известковании почв: для слабокислых почв 0,5—1,0 т/га, для среднекислых 1,0—2,0 для сильнокислых 3,0—4,0 т/га. Наилучшими для известкования материалами являются известковые туфы, гажга, известковая мука, гашеная известь и сланцевая зола, содержащие от 30 до 55% СаО.

Для первичного внесения на вновь осваиваемые земли наиболее пригодны торфяно-минерально-аммиачные удобрения при средней норме внесения 30—40 кг/га.

## § 90. Использование осушенных земель и экономическая эффективность осушительных мелиораций

Значительные затраты на проведение осушительных мелиораций обуславливают необходимость интенсивного использования осушенных земель, так как в противном случае будут очень растянуты сроки окупаемости сделанных капиталовложений. При этом особенно интенсивно должны использоваться земли, осушенные с помощью дорогостоящих осушительных систем (закрытого дренажа, осушения с помощью механического водоподъема и др.).

Подсчеты, проведенные по совхозам пригородной зоны Ленинграда, в которых осушенные земли составляют более 60%

землепользования, показывают, что использование этих земель под интенсивные культуры (картофель, овощи, сахарную свеклу, кукурузу и др.) обеспечивает экономическую эффективность мелиорации, в 10 раз большую, чем при использовании этих земель под однолетние и многолетние травы, и в 2—4 раза большую, чем при использовании их под зерновые культуры. Чем выше потенциальное плодородие осушаемых земель, тем выше эффективность их использования, а поэтому при определении объектов мелиорации в первую очередь необходимо включать в освоение наиболее плодородные земли с более мощным гумусовым слоем.

Например, в семи совхозах Ленинградской области, расположенных в Приневской низменности, из общей площади пашни в 13,7 тыс. га было осушено открытыми канавами 6,7 тыс. га и закрытым дренажем 1,7 тыс. га, построены оросительные системы на площади 1,1 тыс. га. Под интенсивными культурами в этих хозяйствах занято от 45 до 60% всей пашни, в том числе на осушенных землях размещено от 45 до 75% посевов этих культур. Всего в результате проведенных мелиораций здесь получают от 20 до 53% валовой продукции растениеводства, себестоимость же этой продукции снизилась в среднем на 19%. Капиталовложения в мелиорацию окупались в 1—2 года.

#### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 20.* Ознакомление с проектом осушительной системы.

Цель упражнения:

1) ознакомить учащихся с такими важными разделами осушительных мелиораций, как изыскания, проектирование, освоение избыточно увлажненных земель;

2) подвести итоги изучения раздела «Осушительные мелиорации», выявить целесообразность, своевременность и рентабельность проектируемых мелиораций и их роль и значение в интенсификации сельскохозяйственного производства для хозяйства землепользователя и страны;

3) способствовать составлению курсового проекта, выполняемого в этот период учащимися зоны преимущественного применения осушительных мелиораций.

Наиболее желателен проект в одной стадии с сокращенным объемом проектно-сметной документации и площадью осушения закрытой сетью 100—400 га, открытой сетью до 800—1000 га с интенсивным использованием земель после осушения (посевы овощных и технических культур, весенние культурные пастбища и другие ценные культуры).

Очень важно, чтобы при проектировании были использованы новейшие достижения мелиоративной науки, новые материалы и конструкции и передовой опыт лучших осушительных систем.

В результате ознакомления с проектом учащиеся должны кратко изложить содержание расчетно-пояснительной записки, усвоить применяемые технические термины и выражения, а также порядок оформления чертежей.

*Упражнение 21.* Расчет экономической эффективности осушительных мелиораций.

Определить экономические результаты проектируемого осушения и освоения низинного болота под овоще-кормовой севооборот.

Общая площадь болота 214 га; из этой площади 70% покрыто ольхово-ивовым кустарником, 30% занято осоковым болотом с кочками высотой 20—25 см. Мощность торфа до 2,0—2,5 м; торф древесно-осоковый, хорошо разложившийся. Зольность торфа 15—18%. Болото расположено в пойме реки и почти ежегодно затопляется. Водоприемник (река) находится в хорошем состоянии, и регулирование его не требуется.

В естественном состоянии используется только безлесная часть болота под пастбище низкого качества. Болото предполагается осушить систематическим деревянным трубчатым дренажем с расстоянием между дренами 25 м. Коэффициент земельного использования осушенных земель  $K_{з.и} = 0,97$ . Площадь нетто  $\omega_{нт} = K_{з.и} \omega_{бр} = 0,97 \cdot 214 = 208$  га.

Все расчеты ведутся по площади нетто и только срезка кустарника определяется по площади брутто.

На участке устанавливается восьмипольный овоще-кормовой севооборот:

- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. Ячмень с подсевом трав. | 5. Кукуруза на силос. |
| 2. Травы многолетние.      | 6. Картофель.         |
| 3. Капуста поздняя.        | 7. Свекла столовая.   |
| 4. Свекла сахарная.        | 8. Лук, морковь.      |

Так как проведение мелиоративных работ требует больших затрат, то для решения вопроса о целесообразности проектируемых мелиораций необходимо иметь следующие экономические показатели:

1. Объем капитальных вложений, то есть объем средств, вкладываемых в строительство осушительной системы, и освоение осушаемых земель.

2. Ежегодные затраты (издержки) предприятия, связанные с получением продукции с мелиорируемых земель.

3. Стоимость ежегодной продукции с этих земель по закупочным, а для совхозов по сдаточным ценам.

4. Ежегодный доход.

## 1. Капиталовложения

По сметно-финансовому расчету объем капиталовложений в систему характеризуется таблицей 76.

ТАБЛИЦА 76

### Капитальные затраты

Вид капиталовложений	Площадь, га	Капиталовложения	
		на всю площадь	на 1 га
1. Осушение . . . . .	208	66 654	320
2. Освоение культуртехнические работы и первичное освоение) . .	208	30 774	148
Итого . . . . .	208	97 428	468

Суммарная стоимость на всю площадь дает представление об объеме вкладываемых средств, но не менее важным показателем является величина вложений, приходящихся на 1 га. Этот показатель позволяет сравнивать стоимость различных систем.

В среднем капиталовложения на строительство 1 га осушительных систем колеблются от 100 руб. при осушении открытой сети до 300 руб. при закрытой сети; затраты на освоение осушаемых земель составляют 100—200 руб/га.

Таким образом, стоимость осушения получилась довольно высокой, а затраты на освоение близки к средним данным.

## 2. Ежегодные эксплуатационные затраты (издержки производства)

В эту группу затрат входят:

- а) отчисления на амортизацию и капитальный ремонт;
- б) мелиоративные издержки, связанные с эксплуатацией системы: надзор и уход за сооружениями, текущий ремонт, содержание эксплуатационного аппарата;
- в) сельскохозяйственные издержки, то есть затраты на возделывание культур: обработка и удобрение почвы, семена, уход, уборка урожая и т. п.

Ежегодные затраты подсчитываем по средним данным, приведенным в таблицах 77 и 78.

Мелиоративные издержки, учитывая интенсивное использование земель, определяем из расчета 7 руб/га, что составит на всю площадь:

$$I_m = 7 \cdot 208 = 1456 \text{ руб.}$$

Сельскохозяйственные издержки должны обеспечивать получение запроектированных высоких урожаев всех культур. Величина их принята на основе опыта передовых хозяйств.

## Отчисления на амортизацию и капитальный ремонт

Виды капиталовложений	Первоначальная стоимость, руб.	Восстановление первоначальной стоимости		Капитальный ремонт	
		%	сумма, руб.	%	сумма, руб.
Закрытая сеть . . . . .	47 128	3,3	1555	1,0	471
Открытые проводящие и ограждающие каналы . . . . .	9750	2,0	195	2,8	273
Деревянные шлюзы-регуляторы	2700	12,5	338	6,0	162
Внутрихозяйственные дороги	5100	8,5	433	—	—
Трубы, переезды . . . . .	1976	3,3	65	0,7	8
Освоение земель . . . . .	30 774	1,0	308	—	—
Итого	97 428	—	2894	—	914

ТАБЛИЦА 78

## Ежегодные сельскохозяйственные затраты

Культуры	Площадь, га	Затраты труда	
		на 1 га	всего
Ячмень . . . . .	26	110	2 860
Многолетние травы . . . . .	26	100	2 600
Овощи . . . . .	78	500	39 000
Картофель . . . . .	26	400	10 400
Сахарная свекла . . . . .	26	350	9 100
Кукуруза на силос . . . . .	26	150	3 900
Итого . . . . .	208	—	67 860

Всего ежегодные издержки будут составлять:

$$И = 2894 + 914 + 1456 + 67\ 860 = 73\ 124 \text{ руб.}$$

## 3. Ежегодный валовой доход системы

Доход системы будет равен стоимости основной продукции урожая (зерна, клубней и т. д.) в закупочных ценах, причем для кормовых культур урожай выражен в кормовых единицах. Стоимость одного центнера кормовых единиц равна стоимости одного центнера овса. При переводе продукции урожая в кормовые единицы считаем, что 1 ц кормовых единиц = 2 ц сена сеяных трав = 5 ц зеленой массы кукурузы = 2,9 ц сахарной свеклы = 7 ц зеленой массы естественных пастбищ. Расчеты сводим в таблицу 79.

## Ежегодный валовой доход системы

Культура	Вид продукции	Пло- щадь, га	Урожай		Стоимость	
			ц/га	всего, ц	руб/ц	всего, руб.
Ячмень . . . . .	Зерно . . . . .	26	20	520	8—10	4 212
Травы на сено .	Кормовые едини- цы . . . . .	26	25	650	6—00	3 900
Капуста поздняя	Кочаны . . . . .	26	400	10 400	3—60	37 440
Картофель . . .	Клубни . . . . .	26	180	4680	4—00	18 720
Свекла сахарная	Кормовые еди- ницы . . . . .	26	85	2210	6—00	13 260
Свекла столовая	Корнеплоды . .	26	160	4160	4—50	18 720
Кукуруза на си- лос . . . . .	Кормовые еди- ницы . . . . .	26	90	2340	6—00	14 040
Морковь . . . . .	Кормовые еди- ницы . . . . .	13	150	1950	7—00	13 650
Лук . . . . .	Репка . . . . .	13	120	1560	21—50	33 540
Итого . . . . .						157 482

Ежегодный чистый доход будет равен разности валового дохода и издержек производства:

$$\text{ЧД}_{\text{с/м}} = \text{ВД} - \text{И} = 157\,482 - 73\,124 = 84\,358 \text{ руб.},$$

где значок «с/м» показывает, что доход получен после проведения мелиораций.

До проведения мелиораций доход приносит только 30% площади брутто, используемых под пастбище с урожайностью 2 ц корм. ед. с 1 га без каких-либо затрат со стороны землепользователя. Следовательно, чистый доход без мелиорации будет составлять:

$$\text{ЧД}_{\text{б/м}} = 6 \cdot 2 \cdot 0,30 \cdot 214,5 = 772 \text{ руб.}$$

Дополнительный чистый доход в результате проведения мелиораций:

$$\text{ДЧД} = \text{ЧД}_{\text{с/м}} - \text{ЧД}_{\text{б/м}} = 84\,358 - 772 = 83\,586 \text{ руб.}$$

При таком дополнительном доходе срок окупаемости капиталовложений будет:

$$T = \frac{K}{\text{ДЧД}} = \frac{97\,428}{83\,586} \approx 2 \text{ года.}$$

Проведенные расчеты показывают высокую рентабельность (доходность) будущей осушительной системы и полную целесообразность ее строительства.

## РАЗДЕЛ III

# БОРЬБА С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ

---

### ГЛАВА 22

## ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЭРОЗИИ ПОЧВ И ОПОЛЗНЕЙ ГРУНТОВ И БОРЬБА С НИМИ

### § 91. Типы почвенной эрозии и ее причины

Почвенной эрозией называется механическое разрушение почвенного покрова движущейся водой (водная эрозия) или ветром (ветровая эрозия).

Водная эрозия, в свою очередь, подразделяется на плоскостную — смыв частиц почвы из поверхностного (пахотного) слоя на больших площадях — и линейную — размыв почвы на значительную глубину с образованием промоин разных размеров до очень глубоких и длинных оврагов.

**Плоскостная эрозия почв.** Вода, стекающая по поверхности почвы, неизбежно увлекает с собой то или иное количество почвенных частиц различной крупности и сносит их в ручьи, реки, а через них в озера и моря. Даже при очень малом слое стекающей воды и при малых скоростях течения вода начинает увлекать с собой мельчайшие коллоидальные частицы почвы. По мере увеличения поверхностного стока и скоростей течения воды уносятся уже более крупные пылеватые частицы, затем мелкопесчаные, а при очень интенсивном поверхностном стоке и крупнопесчаные фракции. В результате верхний культурный почвенный слой или совсем смывается, или лишается наиболее ценных мелких почвенных частиц, вследствие чего резко ухудшаются его физические свойства: уменьшается влагоемкость, почва теряет связность и распыляется. На такой почве поверхностный сток еще более усиливается и процессы почвенной эрозии прогрессируют.

Ухудшаются также и химические свойства почвы, так как с водой в первую очередь уносятся наиболее плодородные коллоидальные фракции. Так, чернозем, развитый на карбонатном лессе, вследствие эрозии теряет значительную часть гумуса и обогащается карбонатами; его поглощающий комплекс насыщается основаниями, а количество доступных для растений зольных элементов питания падает.

По степени развития явлений смыва эродированные почвы подразделяют на пять групп (табл. 80).

ТАБЛИЦА 80

Номенклатура эродированных почв (по С. С. Соболеву)

Степень эродированности	Черноземы, выщелоченные черноземы, сероземы	Подзолистые почвы, серые лесные и солоды
I	На поверхности почвы есть признаки смыва — мелкие промоинки глубиной до 5—10 см, но смыто не более половины гумусового слоя	На поверхности почвы есть признаки смыва — мелкие промоинки глубиной до 5—10 см, причем смыт частично или полностью гумусовый слой (распахивается подзолистый горизонт)
II	Гумусовый слой смыт более чем наполовину или полностью (распахивается переходный горизонт)	Смыт частично или полностью подзолистый горизонт (распахивается верхняя часть иллювиального горизонта)
III	Смыт частично переходный горизонт	Смыт частично иллювиальный горизонт
IV	Смыты все почвенные горизонты до материнской породы	
V	Смыта вся рыхлая часть коры выветривания (до щебенки, галечника или плотных коренных пород)	

В европейской части СССР наиболее сильно смывом разрушены почвы в Молдавской ССР, по правобережью Днепра от Киева до Днепропетровска, по правобережью Северного Донца, а также по правобережью Волги, где почвы, смытые до второй стадии эрозии, составляют от 20 до 40% площади пашни. Сильно развита также почвенная эрозия на Южной Украине, в центральных черноземных областях и в Центральном Заволжье. Во всей нечерноземной полосе, на северной Украине, на левобережье Дона, на Северном Кавказе и в Южном Заволжье процессы плоскостной почвенной эрозии развиты слабо.

Размеры ущерба, приносимого плоскостной эрозией сельскому хозяйству, очень велики. Наблюдения и подсчеты показывают, что один сильный ливень смывает с гектара распаханного склона на черноземных почвах до 600 кг азота, до 400 кг фосфора и до 5000 кг калия. За год почва в результате смыва теряет с гектара больше питательных веществ, чем их потребляют сельскохозяйственные культуры при самых высоких урожаях. В районах европейской части СССР, наиболее подверженных почвенной эрозии, с пахотных земель ежегодно смывается около 15 млн. т плодородной почвы, в том числе 0,43 млн. т связанного азота, 0,14 млн. т фосфорной кислоты и 2,84 млн. т окиси калия.



**Главные причины смыва почвы.** Главнейшими причинами, вызывающими явления плоскостной почвенной эрозии, являются:

- 1) большие уклоны поверхности (более 0,025);
- 2) малая водопроницаемость материнских пород, подстилающих почвенные горизонты, которая препятствует поглощению влаги почвой и увеличивает поверхностный сток;
- 3) большая водосборная площадь данного склона, обуславливающая приток больших количеств воды;
- 4) частое выпадение сильных ливней в весенние и летние месяцы.

Явления смыва почвы развиваются тем сильнее, чем интенсивнее действуют перечисленные причины и тем слабее, чем больше сопротивляемость почвы. Лучше сопротивляются смыву достаточно водопроницаемые структурные почвы, обладающие при этом значительной влагоемкостью; бесструктурные диспергированные почвы смываются чрезвычайно легко.

Очень большое влияние на сопротивляемость почвы смыву оказывает состояние ее поверхности. Травяной покров и лес, задерживающие часть выпадающих осадков, замедляющие поверхностный сток и закрепляющие почву корневой системой, резко увеличивают сопротивляемость почв смыву. Наоборот, распаханнные почвы, а тем более распаханнные по направлению склона поверхности смываются очень легко.

Большое значение для интенсивности смыва имеет также влажность почвы к моменту выпадения ливня, вызывающего смыв. Пересушенные распыленные почвы подвергаются смыву значительно легче, чем почвы того же механического и агрегатного состава, но более влажные в момент выпадения ливня. Вследствие этого склоны, обращенные на юг и на запад, всегда смываются интенсивнее, чем склоны, обращенные на север и на восток.

**Линейная эрозия.** Если вода, стекающая по склону, по условиям рельефа концентрируется в отдельные более мощные струи, процесс поверхностного смыва почвы переходит в процесс линейного размыва. Сначала на поверхности склона образуются мелкие рывины и промоины, в которых сток концентрируется в более мощные потоки, интенсивность размыва усиливается и рывины постепенно превращаются в овраги. Образовавшийся овраг растет с каждым последующим паводком, подвигаясь вверх по склону по направлению своей оси и многочисленных боковых отвершков. Двигающийся по оврагу мощный поток размывает его дно; овраг постепенно углубляется и вследствие обвала откосов разрастается в ширину. В результате овраги могут достигать очень значительных размеров: имеются овраги длиной до 25—30 км и глубиной более 100 м.

Продольный профиль дна деятельного оврага всегда имеет вогнутую форму с большими уклонами в верхней части и меньшими в нижней. В верхней части профиля происходит дальнейший интенсивный размыв грунта, в нижней части размывтый и вынесенный водным потоком грунт откладывается на дне, а в средней части наблюдается равновесие между размывом и отложением грунта. Рост оврага в длину может прекратиться, если он своей вершиной достигнет препятствия, не поддающегося размыву, или если будет резко уменьшена масса воды, падающей в овраг в его вершине и в отвершках. Углубление оврага прекращается либо вследствие уменьшения скорости течения воды по оврагу, либо вследствие обнажения на дне плотных, не поддающихся размыву отложений.

Расширение оврага прекращается тогда, когда прекращается углубление и когда его откосы будут иметь заложение, соответствующее углу естественного откоса для данного грунта. Овраг, прекративший рост, начинает постепенно зарастать древесной и кустарниковой растительностью и превращается в балку. Но при малейшем нарушении наступившего равновесия, например вследствие нового увеличения стока по балке, процесс размыва уже задернелого дна балки может возобновиться и балка может снова превратиться в деятельный овраг.

Вред, приносимый оврагами сельскому хозяйству, очень разнообразен:

1) из сельскохозяйственного использования выпадает большая площадь как под самими оврагами, так и под приовражной полосой шириной до 20 м между кромкой оврага и прямоугольными очертаниями участков пашни;

2) овраги представляют собой глубоко врезанную осушительную систему, которая сильно иссушает почву в засушливых районах, где овражная сеть наиболее развита;

3) в овраги зимой сдувается до 50% снега, вследствие чего уменьшается весенняя влагозарядка почвы и увеличивается ее промерзание;

4) овраги рассекают поля на разобщенные участки, для связи между которыми необходимо строительство большого числа мостов;

5) выносы грунта из оврагов засоряют пойменные луга, заиливают реки и водохранилища, в которые они впадают.

На территории СССР овражно-балочная сеть наиболее распространена на Среднерусской возвышенности, на Правобережной Украине и в Поволжье. Наибольшая густота овражной сети (0,6—1,1 км на 1 км<sup>2</sup>) наблюдается в районе Иванова, Москвы, Орла, Курска, Харькова, Донецка. Исключительной густотой овражной сети отличаются некоторые районы Орловской области, где овраги занимают до 30% всей территории.

## § 92. Меры борьбы с плоскостной эрозией почв

**Агротехнические способы борьбы со смывом почвы.** Важнейшим средством борьбы с плоскостной эрозией почв является вспашка поперек склона. Многочисленными исследованиями установлено, что такая вспашка уменьшает поверхностный сток, а как следствие и смыв почвы в среднем в 1,5—2 раза, а в отдельных случаях в 5—10 раз по сравнению с участками, где вспашка производилась вдоль склона. Поэтому в районах, подверженных почвенной эрозии, вспашка вдоль склона категорически запрещается.

Большое значение для уменьшения смыва почвы имеет также максимальное увеличение глубины вспашки на наиболее крутых склонах до 27—30 см. Кроме того, в качестве способов, препятствующих смыву почвы, применяют бороздование зяби поперек склона, прерывистое бороздование в этом же направлении, вспашку в двух взаимно перпендикулярных направлениях под острым углом к направлению склона, в результате которой создается ячеистая поверхность.

Второе важное агротехническое средство борьбы со смывом почвы — введение почвозащитных севооборотов с участием многолетних трав и исключением чистых паров. Такие севообороты вводят на севооборотных массивах, на полях и даже на участках, наиболее подверженных почвенной эрозии. Поля полевых защитных севооборотов располагают длинной стороной поперек склона при ширине их не более 150—200 м.

Во многих случаях подверженные смыву склоны оврагов и балок целесообразно использовать под сады и ягодники, которые также хорошо защищают почву от эрозии.

**Лесомелиоративные способы борьбы со смывом почвы.** Основной лесотехнический способ борьбы со смывом почвы — устройство поперек склона водопоглощающих лесных полос шириной от 20 до 60 м на расстоянии 150—300 м, друг от друга в зависимости от уклона склона.

Образующаяся на этих полосах лесная подстилка поглощает значительное количество воды и, кроме того, предохраняет почву от глубокого промерзания зимой, вследствие чего весной она оттаивает быстрее и легче поглощает стекающую воду. Все это способствует значительному уменьшению поверхностного стока.

При создании лесозащитных полос опасный в отношении размыва путь стекающей воды по пашне разбивают на короткие отрезки, которые чередуются с облесенными участками, где скорости течения резко уменьшаются.

Водопоглощающие лесные полосы делают непродуваемыми с густым подлеском, который своей корневой системой сильно увеличивает сопротивляемость почвы смыву. В состав насаждений на водопоглощающих полосах обычно включают 4—8 из

следующих древесных пород: дуб, тополь, ясень, вяз, клен, липа, акация, лох, лещина, жимолость. Деревья высаживают рядами через 1,5—2,3 м с расстояниями между деревьями в ряду 0,7—1,0 м.

**Гидротехнические способы борьбы со смывом почвы.** В тех случаях, когда агротехническими и лесотехническими мероприятиями эрозию почвы предотвратить невозможно (крутые склоны со значительными водосборными площадями, бесструктурные, легко смываемые почвы), прибегают к устройству специальных гидротехнических сооружений — гребенчатых, ступенчатых или траншейных террас.

При уклонах склона от 0,02 до 0,12 на более легких почвах устраивают гребенчатые террасы с горизонтальными валами (рис. 150, а), а на более тяжелых — с наклонными валами (рис. 150, б).

Горизонтальные валы высотой 25—40 см, шириной по низу 2—4 м с заложением откосов — 1 : 3—1 : 4 располагают по возможности строго по горизонталям местности. Такие валы не повреждаются стекающей водой и не препятствуют движению сельскохозяйственных машин. Полосы поля между валами и называют гребенчатыми террасами.

Гребенчатые террасы с горизонтальными валами рассчитывают на полное задержание расчетного слоя дождя, допуская поверхностный сток только при выпадении дождя, превышающего расчетный. Исходя из этого требования, расстояния между заградительными валами определяют по формуле:

$$l = \frac{h}{2\sigma A} \left( \frac{b}{2} + \frac{h}{i} \right), \quad (\text{III—1})$$

где  $h$  — принятая высота вала, м;

$b$  — ширина основания вала, м;

$A$  — расчетный слой дождя, м;

$\sigma$  — коэффициент поверхностного стока, принимаемый равным для водопроницаемых почв 0,30—0,50;

$i$  — уклон поверхности террасы.

Заградительные валы на гребенчатых террасах устраивают малыми грейдерами, а также кустарниковыми или плантажными плугами с последующим выравниванием деревянными тракторными волокушами. Для предохранения от размыва при переливе воды во время ливней, превышающих расчетный, валы закрепляют посевом трав или дерном, а в некоторых случаях и посадкой ивы или ягольников.

Гребенчатые террасы с горизонтальными валами не только предотвращают смыв почвы, но и значительно улучшают режим влажности почвы, так как задерживаемые валами воды просачиваются в более глубокие подпочвенные слои и сохраняются

там на засушливые периоды. Кроме того, эти террасы способствуют большему накоплению снега.

На тяжелых почвах, где велик коэффициент поверхностного стока, вследствие чего повышается приток воды к заградительным валам и очень мала водопроницаемость почвы, чем затрудняется просачивание воды в более грубокие слои, гребенчатые террасы с горизонтальными валами устраивать нецелесообразно, так как это может привести к длительному переувлажнению почвы. В этом случае устраивают гребенчатые террасы с наклонными валами, которые располагают под некоторым углом к направлению горизонталей местности, с уклоном вдоль валов не более 0,005. При устройстве таких террас вода, двигающаяся по склону, не задерживается за валами, а стекает вдоль валов в водоприемники. Ширину террас с наклонными валами устанавливают с таким расчетом, чтобы вся выпадающая во время ливня вода могла стечь с террасы до прекращения дождя, не размывая своего русла. Обычно ширина гребенчатых террас с наклонными валами в зависимости от их поперечного уклона (от 0,02 до 0,12) изменяется в таких пределах: для суглинистых грунтов от 38 до 18 м и для супесчаных грунтов от 50 до 22 м.

Если уклон поверхности склона превышает 0,12, гребенчатые террасы устраивать нецелесообразно, так как их ширина, определяемая по формуле (III—1), становится очень малой, и в то же время при таких больших уклонах смыв почвы может происходить даже на коротких отрезках пути движения воды внутри террасы. Поэтому на склонах с уклоном более 0,12 вместо гребенчатых устраивают ступенчатые террасы (рис. 151), на которых, помимо устройства заградительных валов, срезают

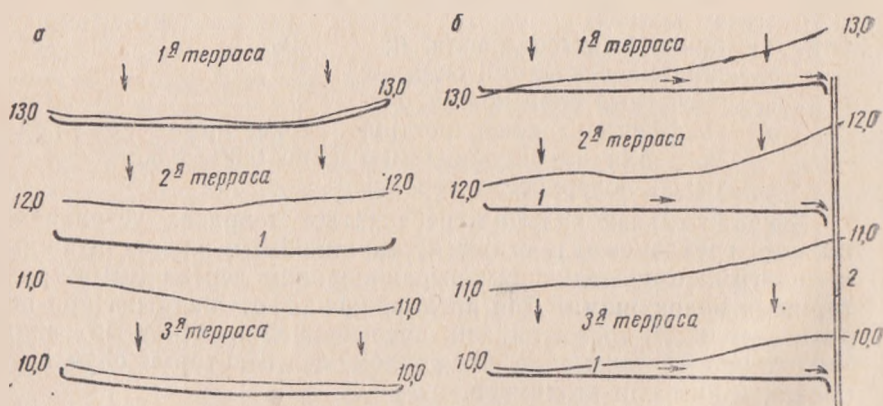


Рис. 150. Гребенчатые террасы:

а — с горизонтальными валами; б — с наклонными валами; 1 — валы; 2 — водосборный канал.

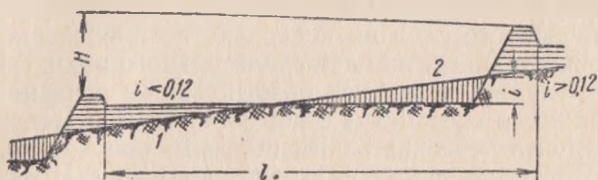


Рис. 151 Разрез ступенчатой террасы:

1 — насыпь; 2 — срезка.

почву в верхней половине террасы и насыпают в нижней. Таким образом, уклон поверхности террасы уменьшают до величины, безопасной в отношении смыва почвы.

Ширину ступенчатой террасы  $l$  и ее высоту  $H$  определяют по формулам:

$$l = \frac{2\tau \sqrt{1 + i_0^2}}{i_0 - i} \text{ м}, \quad (\text{III}-2)$$

$$H = li_0 = \frac{2\tau i_0 \sqrt{1 + i_0^2}}{i_0 - i} \text{ м}, \quad (\text{III}-3)$$

где  $\tau$  — допустимая по почвенным условиям максимальная толщина срезки, м;

$i_0$  — естественный уклон поверхности склона;

$i$  — проектируемый уклон поверхности террасы.

Предельную величину срезки  $\tau$  устанавливают с таким расчетом, чтобы мощность гумусового слоя после срезки не оказалась меньше 0,20—0,25 см. После срезки грунта на верхней половине террасы почву глубоко рыхлят и вносят повышенные дозы минеральных и органических удобрений.

Во избежание потери большой площади под оградительными валами на ступенчатых террасах откосы их делают крутые — с коэффициентом заложения от 0,25 до 0,75, укрепляя их дерном или посадкой кустарника. Ступенчатые террасы обычно очень узки и неудобны для посева полевых культур, поэтому их в большинстве случаев используют под посевы овощных культур, под плодовые сады и ягодники.

На еще более крутых склонах с уклоном более 0,20 ширина ступенчатых террас, определяемая по формуле (III—2), становится очень малой. Практически такие террасы трудновыполнимы. В этом случае склоны также используют под фруктовые сады, а в субтропических районах — под культуру чая и цитрусовые с устройством траншейных террас. В направлении горизонталей местности на расстоянии, равном требуемому расстоя-

нию между рядами деревьев, прорывают траншеи с укладкой верхнего почвенного слоя на верховую, а подпочвенного на низовую сторону траншеи в виде оградительного вала. Затем траншеи на всю глубину засыпают разрыхленным почвенным слоем, вынутым из нее и срезанным с поверхности террасы, и высаживают в траншею деревья. Таким образом, получают террасы, на которых оградительные валы устроены из бесплодного подпочвенного слоя, а весь гумусовый слой полезно используется под культуры.

### § 93. Борьба с линейной эрозией почвы

Для борьбы с развитием овражной сети применяют комплекс агротехнических, лесотехнических и гидротехнических мероприятий.

Агротехнические мероприятия по своему составу аналогичны рассмотренным агротехническим мероприятиям по предупреждению смыва почвы. Эти мероприятия проводят на всей водосборной площади данного оврага или системы оврагов.

Лесотехнические мероприятия также проводят на всей площади водосбора оврага в виде водопоглощающих лесных полос и, кроме того, непосредственно в приовражной полосе. Здесь на прилегающей к оврагу полосе шириной 20—50 м и по склонам самого оврага и его отвершков создают сплошные лесонасаждения, которые закрепляют верхние почвенные слои корневой системой деревьев и предотвращают размыв почвы стекающей в овраг водой.

При сравнительно небольших площадях водосбора и не очень интенсивном росте оврага комплексом агротехнических и лесотехнических мероприятий удастся прекратить его дальнейший рост и превратить деятельный овраг в устойчивую против размыва балку с облесенными склонами. Однако во многих случаях этих мероприятий оказывается недостаточно и для прекращения роста оврагов необходимо прибегать к специальным гидротехническим мероприятиям.

Эти мероприятия подразделяются на три группы: 1) задержание стекающей в овраг воды на приовражной полосе; 2) безопасный в отношении размыва спуск поверхностных вод в овраги; 3) укрепление дна и откосов оврага от дальнейшего размыва и разрушения.

**Задержание воды на приовражной полосе.** Для задержания воды, стекающей по поверхности к оврагу, на приовражной полосе устраивают систему водоуловительных каналов и валов, перехватывающих у самого оврага ту часть поверхностных вод, которая не была задержана на водосборе с помощью агротехнических и лесотехнических мероприятий.

Водоуловительные каналы устраивают глубиной 0,6—0,7 м, шириной по дну 0,3 м, с заложением откосов 1:1. Всю землю, вынимаемую из каналов, складывают на низовую сторону в виде вала высотой 0,6—0,7 м, шириной по верху 0,3 м. Между подножием верхового откоса вала и бровкой канала оставляют берму шириной 0,5 м. Объем воды в м<sup>3</sup>, задерживаемой на 1 пог. м водоуловительного канала, определяют по формуле:

$$q = \frac{h^2}{2l} + bh_0 + mh_0^2, \quad (\text{III—4})$$

где  $h$  — полезная высота вала, равная 80% его полной высоты, м;

$l$  — уклон поверхности склона;

$b$  — ширина канала по дну, м;

$h_0$  — глубина канала, м;

$m$  — коэффициент заложения откосов.

Следовательно, если общий расчетный объем стока к оврагу (за вычетом части объема стока, задержанной на водосборе) составляет  $Q$  м<sup>3</sup>, то общая длина водоуловительных каналов-валов должна составлять  $l = Q : q$  м. Водоуловительные каналы располагают параллельно горизонталям поверхности несколькими полукольцами, охватывающими головную часть деятельного оврага (рис. 152).

Первое (нижнее) полукольцо устраивают на расстоянии 5—10 м от края оврага.

Минимальное расстояние между соседними полукольцами  $l = h : 1$ ; гребни валов делают строго горизонтальными. Для стока избыточной воды из верхнего полукольца в соседнее, расположенное ниже, в водоуловительных валах имеются перерывы, тщательно укрепленные дерном, плетнем и камнем.

**Спуск паводковых вод в овраги.** Путем задержания на водосборе и на приовражной полосе можно до минимума снизить

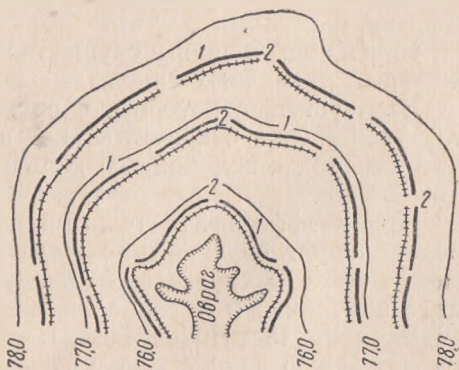


Рис. 152. Водоуловительные каналы с валами в голове оврага:

1 — водоуловительные каналы с валами;  
2 — перерывы каналов и валов.



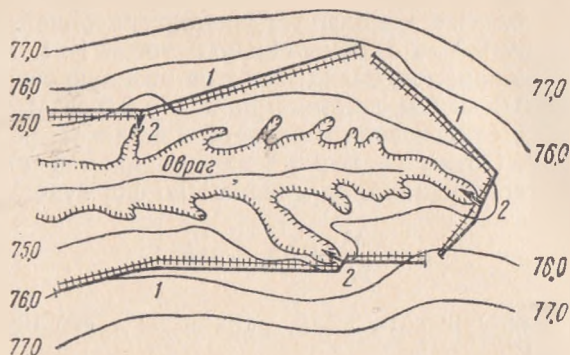


Рис. 153. Ограждение оврага нагорными каналами:

1 — нагорные каналы с валами; 2 — укрепленные спуски в овраги.

количество воды, притекающей к оврагу, но полностью прекратить сток в овраге обычно невозможно. Поэтому в числе гидротехнических мероприятий по борьбе с развитием оврагов предусматриваются специальные сооружения, обеспечивающие спуск в овраги воды, которая не задерживается при помощи рассмотренных выше мероприятий.

В некоторых случаях, когда приток воды к оврагу сравнительно невелик и гидротехнические водоуловительные сооружения в приовражной полосе не устраивают, поверхностные воды собирают нагорными каналами, которые окаймляют овраг и отводят воду к вершине оврага и нескольким отвершкам, где устраиваются специальные спускные сооружения (рис. 153).

Эти нагорные каналы располагают под углом к горизонталям поверхности с таким расчетом, чтобы естественный уклон по трассе канала не превышал 0,005. Во избежание размыва нагорных каналов и превращения их самих в деятельные овраги дно и откосы их при подходе к оврагу укрепляют каменной отстойкой и дерном.

Спуск воды в овраги осуществляют гидротехническими сооружениями различных типов.

Если уступ, с которого сбрасывается вода, достаточно крутой (заложение откоса  $m < 1$ ) и прочный, устраивают консольный перепад с водобойным колодцем в месте падения струи на дне оврага.

При коэффициенте заложения откоса уступа от 1,0 до 2,0 воду в овраг спускают по железобетонному лотку-быстротоку, состоящему из трех частей: входной, наклонной и выходной в виде водобойного колодца.

Входная часть представляет собой горизонтальную площадку, имеющую форму трапеции, сужающуюся ко входу в овраг,

с боковыми стенками и перпендикулярными к оси лотка боковыми крыльями, которые заглублены в дно и откосы во избежание обхода лотка водой. Наклонную часть устраивают с уклоном 0,5. Поперечное сечение наклонной части определяют гидравлическим расчетом, причем расчетная ширина по дну должна быть не менее 0,5 м, а высота стенок на 0,25 м больше расчетной глубины потока. Допустимую скорость движения воды по лотку определяют в зависимости от материала, из которого он построен.

При коэффициенте заложения откоса уступа больше 2,0 для спуска воды устраивают ступенчатые бетонные или каменные перепады. Высоту ступени каждого уступа принимают от 0,3 до 0,7 м. Поверхность верхнего входного уступа делают горизонтальной, а всех остальных с обратным уклоном  $i=0,01$  в сторону верхнего уступа. Таким образом, у подножья каждого уступа создается водяная подушка, гасящая энергию падающей струи. Длину уступов определяют уклоном склона, на котором строят перепад; при переменном уклоне она может быть различной на одном и том же перепаде.

**Укрепление дна и откосов оврагов.** Чтобы воды, сбрасываемые в овраг, не размывали его дно, на тех участках, где расчетные скорости движения воды превышают допустимые нормы, в русле оврага устраивают систему поперечных стенок (донных запруд), которые разбивают продольный профиль дна на ряд террас, имеющих безопасный в отношении размыва уклон, с вертикальными уступами между ними (рис. 154).

Расстояние между уступами в м (длину террас) и их число на некотором участке оврага определяют по формулам:

$$l = \frac{h}{I-i}, \quad (\text{III}-5)$$

$$N = \frac{L}{l} = \frac{H-iL}{h}, \quad (\text{III}-6)$$

где  $h$  — принятая высота уступа, м;

$I$  — естественный уклон дна оврага;

$i$  — безопасный уклон террас, принимаемый равным 0,05—0,10;

$L$  — длина рассматриваемого участка оврага, м;

$H$  — падение дна оврага на длине  $L$ , м.

Поперечные стенки на дне оврага делают каменные, бетонные, деревянные, плетневые. Во избежание подмыва или бокового обхода водой поперечные стенки врезают в дно оврага не менее чем на 0,3—0,5 м и в откосы на расстояние не менее 1,0 м. Высота стенок изменяется от 0,3 до 1,0 м, в зависимости от материала. Для образования террас грунт за стенками не засыпают; террасы создаются в результате отложения наносов, кото-

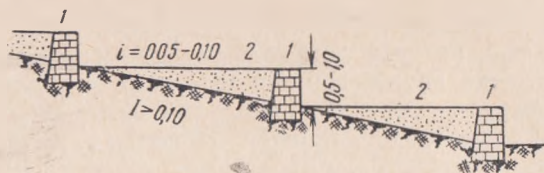


Рис. 154. Укрепление дна оврага поперечными стенками:

1 — каменные стенки; 2 — отложившиеся наносы.

рые всегда в большом количестве содержатся в воде, стекающей по дну оврага. Каменные стенки высотой 0,5—1,0 м устраивают из местного камня на тощем цементном растворе. Деревянные стенки делают из пластин или из тонких бревен (диаметром 12—16 см). Плетневые стенки делают высотой не более 0,5 м.

Если естественный уклон дна оврага лишь немногим превышает допустимый для данного грунта, поперечные стенки не устраивают, а дно оврага укрепляют дерном, слоем хвороста толщиной 30—50 см, укладкой камня в плетневых клетках или мощением камнем.

Закрепленные овраги, превращенные в задернелую балку, используют в сельском хозяйстве различным образом. Богатое илистыми отложениями дно оврагов обычно используют под искусственные луговые угодья. Откосы засаживают лесом или используют под высокопродуктивные сады. В центральной и северной зонах по склонам закрепленных оврагов (особенно по обращенным на юг) размещают теплолюбивые южные сорта плодовых деревьев и ягодников. В южных районах по склонам оврагов очень часто располагают виноградники.

## § 94. Борьба с оползнями грунта

К явлениям водной эрозии почв относится также оползание значительных масс грунта на крутых склонах под действием выклинивающихся грунтовых вод, так называемые оползни.

Устойчивость грунтовых масс в откосах определяется углом естественного откоса грунта, который в большой степени зависит от влажности грунта. Вследствие этого грунт, долгое время находящийся в состоянии равновесия, может внезапно оползти, если влажность в каком-либо его слое превысит предел, обеспечивающий устойчивость грунта. Чаще всего оползни происходят весной в результате переувлажнения грунта за счет подъема влаги по капиллярам и просачивания весенних талых вод.

Для предупреждения оползней проводят следующие предупредительные мероприятия:

1) ограждают оползневый массив от притока на него подземных и поверхностных вод с вышележащего водосбора нагорными и ловчими каналами;

2) осушают слой возможного скольжения грунтовых масс;

3) осушают весь оползневый массив для уменьшения его веса;

4) устраивают подпорные стенки у основания оползневого массива.

При неглубоком залегании слоя возможного скольжения его осушают дренажем с засыпкой трапшей водопроницаемым материалом. При глубоком залегании этого слоя в нем закладывают подземные галереи и штольни сечением не менее  $0,5 \text{ м}^2$ , дно которых обязательно врезают в грунт, подстилающий слой сползания. С напорной стороны и сверху снаружи галерей и штолен устраивают фильтр из щебня и гравия, а с низовой стороны их, наоборот, затрамбовывают глиной. И дренаж и штольни имеют выпуски, через которые собираемые ими грунтовые воды отводят в водоприемник.

Вследствие большой сложности оползневых явлений мероприятия по борьбе с ними проектируют только на основе тщательного изучения топографических, геологических, гидрологических и хозяйственных условий каждого данного объекта.

#### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Упражнение 22.* Разработать комплекс мероприятий по предупреждению образования оврагов и по ликвидации имеющихся оврагов.

Участок, подверженный эрозии, расположен в районе г. Воронеж. План части водосборной площади показан на рисунке 155. Почвы участка — легкие суглинки. В западной части имеется действующий овраг. Рельеф участка характеризуется двумя склонами: южным — со средним уклоном  $i=0,045$  и западным в сторону оврага — более крутым. Средний уклон этого ската  $i=0,055$ . Крутизна обоих склонов довольно постоянная, но так как уклоны значительны, то наряду с агротехническими и лесомелиоративными мероприятиями необходимо применить гидротехнические способы борьбы с эрозией почв.

На южном склоне для борьбы с поверхностным смывом наиболее целесообразно устройство гребенчатых террас с горизонтальными валами.

Расчетную высоту валов принимаем  $h=0,3 \text{ м}$ ; общую высоту с учетом запаса над горизонтом воды —  $h_1=0,4 \text{ м}$ .

Для возможности переезда сельскохозяйственных машин валы проектируем с откосами  $m=4$  и шириной основания вала  $b=2mh_1=2 \cdot 4 \cdot 0,4=3,2 \text{ м}$ .

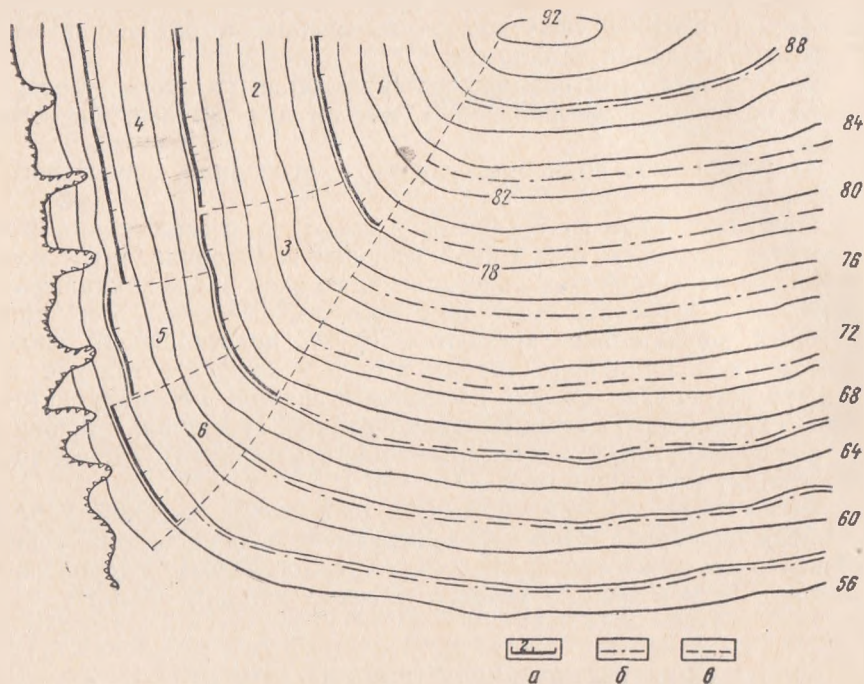


Рис. 155. План части площади водосбора оврага;

*a* — водоуловительные вали-каналы; *b* — ось вала горизонтальной террасы; *в* — линия водораздела.

Расчет стока ведем на летние ливни, дающие обычно больший объем воды, чем весенние паводки.

Обеспеченность ливня принимаем 10% (как для сооружений простой конструкции из местных материалов).

Толщину слоя дождя находим по формуле:

$$A = St^{1/3},$$

где  $S$  — ливневый коэффициент, мм/мин, который характеризует наибольшую интенсивность ливня заданной обеспеченности, определяемой по карте изолиний. Для района Воронежа  $S = 8$  мм/мин\*.

$t$  — продолжительность ливня, мин.

На основании наблюдений можно считать, что для ливней 10%-ной обеспеченности максимальное количество осадков будет при продолжительности дождя около одного часа.

\* М. Л. Лейвилов. Метеорология, гидрология и гидрометрия. Сельхозгиз, 1959, стр. 58—60.

Н. И. Сус. Агролссомелиорация. Сельхозгиз, 1959, стр. 277—279.

Принимаем  $t=64$  мин и тогда:

$$A = St^{1/3} = 8 \cdot 64^{1/3} = 32 \text{ мм} = 0,032 \text{ м.}$$

Расстояние между заградительными валами определяем по формуле (III—1):

$$l = \frac{h}{2\sigma A} \left( \frac{b}{2} + \frac{h}{i} \right) = \frac{0,3}{2 \cdot 0,4 \cdot 0,032} \left( \frac{3,2}{2} + \frac{0,3}{0,045} \right) = 97 \text{ м.}$$

Среднее превышение одного вала над другим:

$$H = il = 0,045 \cdot 97 = 4,36 \text{ м.}$$

По концам террас для удержания воды оградительные валы загибаются вверх под прямым углом, образуя выступы — шпоры. Длина шпоры:

$$l_{\text{шп}} = \frac{h_1}{i_{\text{ср}}} = \frac{0,4}{0,045} = 9 \text{ м.}$$

Валы начинаем проектировать сверху. Отметка оси первого вала будет:  $92,0 - 4,36 = 87,64 \text{ м}$ .

На этой отметке вдоль горизонтали трассируем ось вала.

Оси следующих валов проектируем на расстоянии  $97 \text{ м}$ .

При значительном отклонении уклона от среднего расстояния уточняют по уклону каждой террасы.

На западном склоне для того, чтобы предотвратить поступление воды в овраг, устраиваем водоуловительные каналы-валы.

Общая площадь западного склона  $23,80 \text{ га}$ .

При среднем уклоне более  $0,045$  рекомендуется, чтобы одна система водозадерживающих каналов-валов имела площадь водосбора не более  $5 \text{ га}$ . Поэтому располагаем на склоне шесть систем с таким расчетом, чтобы каждая из них полностью задерживала воду, стекающую с вышележащего водосбора, за вычетом воды, задержанной верхними системами каналов-валов.

Проектирование ведем с верхней части водосбора, располагая первую линию каналов-валов по горизонтали  $78,0$ .

Площадь водосбора первой системы  $\omega_1 = 4,24 \text{ га}$ .

Расчетный объем стока при слое стока  $A = 0,032 \text{ м}$  и при коэффициенте стока  $\sigma = 0,40$ :  $Q = 10\,000 A \sigma \omega_1 = 10\,000 \cdot 0,032 \cdot 0,4 \cdot 4,24 = 543 \text{ м}^3$ .

Средний уклон участка:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{92 - 78}{265} = 0,053.$$

Размеры каналов-валов принимаем минимальные из рекомендуемых: глубину канала  $h = 0,6 \text{ м}$ ; ширину по дну  $b = 0,3 \text{ м}$ ; откосы  $m = 1$ ; общую высоту вала  $h' = 0,6 \text{ м}$ ; полезную высоту

вала  $h=0,8h'=0,48$  м; ширину по верху  $b'=0,3$  м, между валом и бровкой канала устраиваем берму шириной 0,5 м.

Объем воды, задерживаемый одним погонным метром водоуловительных каналов-валов, найдем по формуле (III—4):

$$q = \frac{h^2}{2I} + bh_0 + mh_0^2 = \frac{0,48^2}{2 \cdot 0,053} + 0,30 \cdot 0,60 + 1 \cdot 0,60^2 = 2,71 \text{ м}^3.$$

Необходимая длина водоуловительного канала:

$$l_1 = \frac{Q}{q} = \frac{543}{2,71} = 200 \text{ м}.$$

Фактическая длина системы по горизонтали 78,0—310 м, что вполне обеспечит задержание воды в годы, более многоводные, чем расчетный год, и несколько увеличит срок службы системы по условиям заиления.

Расчет следующих систем ведем таким же образом при среднем уклоне  $I=0,055$ . Расчеты сводим в таблицу 81.

ТАБЛИЦА 81

Расчет систем водоуловительных каналов

№ системы	Отметка горизонтали, м	Площадь водосбора $\infty$ , га	Объем стока $Q$ , м <sup>3</sup>	Объем удерживаемой воды на 1 пог. м $q$ , м <sup>3</sup>	Потребная длина системы, м	Фактическая длина системы $l_{\text{факт}}$ , м
2	66,0	4,82	617	2,63	234	260
3	66,0	4,84	619	2,63	235	320
4	59,0	4,71	603	2,63	229	390
5	58,0	2,13	273	2,63	104	160
6	56,0	3,06	392	2,63	149	190

Фактическая длина каналов-валов везде оказалась достаточной.

Каналы-валы проводятся вдоль горизонталей. Чтобы не допустить при прорыве системы катастрофического сброса всей воды, собранной системой, через 50—60 м перпендикулярно валу устраиваем перемычки-шпоры. По концам системы возводим глухие перемычки, а между ними перемычки с водообходами. Длина таких перемычек должна позволять воде переходить в соседний отсек системы при уровне воды на 5—10 см ниже расчетного.

Сброс воды в голове оврага и укрепление дна оврага. Овраг в средней части имеет глубину 12—15 м и уклон дна  $I=0,09$ .

Овраг в истоке (голове) начинается уступом высотой около 5,5 м. Уклон уступа  $i_y=0,5$ .

К голове оврага подходит сосредоточенный поток воды с расходом  $Q=0,25$  м<sup>3</sup>/сек (5%-ной обеспеченности).

Такой расход только за сутки дает объем воды:

$$V = 86\,400 \cdot 0,25 = 21\,600 \text{ м}^3.$$

Этот объем, конечно, не может быть удержан водоуловительными каналами и должен быть сброшен на дно оврага. При уклоне уступа  $i_y = 0,5$  для сброса воды применим бетонный быстроток также с уклоном  $i_6 = 0,5$ . Длина наклонной части быстроточка:

$$l_6 = h \sqrt{1 + \frac{1}{i_6^2}} = 5,5 \sqrt{1 + \frac{1}{0,5^2}} = 12,3 \text{ м}.$$

В низу быстроточка устраиваем водобойный колодец. Ширина и глубина быстроточка устанавливаются гидравлическим расчетом.

Дно средней части оврага укрепляется донными запрудами из плетневых стенок высотой  $h = 0,5$  м. Расстояние между уступами-стенками определяем по формуле (III—5).

$$l = \frac{h}{l - i} = \frac{0,5}{0,09 - 0,05} = 12,5 \text{ м}.$$

Безопасный уклон террас между стенками принимаем  $i = 0,05$ .

Стенки врезаем в дно оврага на 0,3 м и запускаем в боковые откосы оврага на 1 м в каждую сторону. Хворост и колья для плетневых стенок лучше брать из прорастающих пород.

Агротехнические лесомелиоративные мероприятия. Важнейшим агротехническим мероприятием будет вспашка поперек склона на глубину 25—30 см, то есть вдоль горизонтальных террас и водоуловительных каналов. Такая вспашка создает условия для поглощения значительной части осадков и резко уменьшает поверхностный сток.

Валы гребенчатых террас и водоуловительных систем укрепляют посевом трав, а на бермах между каналами сажают деревья. Полосы между нижним ярусом каналов-валов и бровкой оврага засаживают сплошь деревьями, что останавливает рост оврага вширь. К тому же эта полоса, как неудобная для обработки, не включается в севооборот. Откосы оврага также укрепляют посадками деревьев, а дно оврага в плоской части засевают многолетними травами для сенокосного использования.



Основные элементы режима орошения сельскохозяйственных культур

№ почвенно-мелиоративного района	Климатические области и сельскохозяйственные культуры	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га			Поливная норма, м <sup>3</sup> /га		Число поливов		Межполивный период	Период вегетационных поливов
		суммарная	вегетационная	вневегетационная	вегетационная	вневегетационная	вегетационных	вневегетационных		
<i>I. Область пустынь</i>										
I	Хлопчатник . . . . .	8900	7700	1200	600—700	600	12	2	10—20	10/V—10/X
	Люцерна . . . . .	10 200	8700	1500	600—800	700—800	11	2	12—25	6/IV—25/X
	Сады и виноградники . . . . .	7400	5400	1600	700—800	800	7	1	16—20	15/IV—16/IX
	Овощные . . . . .	8800	7600	800	500—600	800	15	1	10—18	1/IV—28/X
	Озимые колосовые . . . . .	4300	8500	800	700	800	5	1	15—80	1/III—25/V
	Яровые колосовые . . . . .	5100	4100	800	600—700	800	6	1	12—25	1/IV—5/VI
	Кукуруза . . . . .	5500	4500	800	600—800	800	6	1	15—30	5/V—5/VIII
II	Хлопчатник . . . . .	8000	6600	1400	700—1000	600—800	8	2	13—34	20/V—15/IX
	Люцерна . . . . .	8200	7200	1000	700—1100	1000	9	1	15—22	10/IV—30/IX
	Сады и виноградники . . . . .	6700	5200	1500	800—1200	1500	6	1	18—30	1/V—30/IX
	Овощные . . . . .	8400	6600	800	600	800	11	1	13—22	11/IV—20/X
	Озимые колосовые . . . . .	4000	2800	1200	700	1200	4	1	15—30	1/III—25/V
	Яровые колосовые . . . . .	4700	3200	1500	600—700	1500	5	1	15—25	1/IV—5/VI
	Кукуруза . . . . .	5200	3600	1500	600—800	1500	5	1	15—30	5/V—5/VIII
<i>II. Область полупустынь</i>										
I	Хлопчатник . . . . .	8400	7000	1400	700	600—800	10	2	10—20	15/V—30/IX
	Люцерна . . . . .	9600	8100	1500	600—800	700—800	10	2	14—25	10/IV—25/X
	Сады и виноградники . . . . .	6400	4800	1600	800	800	6	2	16—20	18/IV—16/IX
	Сахарная свекла . . . . .	7600	6800	800	600—700	800	11	1	10—25	16/V—10/IX
	Овощные . . . . .	7800	7000	800	600	800	14	1	12—18	6/IV—25/X
II	Озимые колосовые . . . . .	3600	2800	800	700	800	4	1	15—30	16/IV—5/VI
	Яровые колосовые . . . . .	4200	3400	800	600—700	800	5	1	15—25	6/IV—10/VI
	Кукуруза . . . . .	4400	3600	800	600—800	800	5	1	15—30	10/V—10/VIII
	Хлопчатник . . . . .	7400	6000	1400	700—1000	600—800	7	2	13—24	25/V—25/IX
	Люцерна . . . . .	7800	6600	1000	800—1100	1000	8	1	17—28	20/IV—30/IX
II	Сады и виноградники . . . . .	6000	4500	1500	900—1200	1500	4	1	22—27	10/V—30/IX
	Овощные . . . . .	6800	6000	800	600	800	10	1	15—20	10/V—15/X
	Сахарная свекла . . . . .	6800	5800	1000	600—800	1000	8	1	12—25	16/IV—10/IX
	Озимые колосовые . . . . .	3100	1900	1200	600—700	1200	3	1	18—30	16/IV—5/VI
	Яровые колосовые . . . . .	4000	2500	1500	600—700	1500	4	1	16—25	6/IV—10/VI
	Кукуруза . . . . .	4200	2700	1500	600—800	1500	4	1	18—30	10/V—10/VIII
	<i>III. Область сухих степей</i>									
I	Хлопчатник . . . . .	7600	6200	1400	600—700	600—800	9	2	12—20	20/V—25/IX
	Люцерна . . . . .	8400	6900	1500	700—800	700—800	9	2	15—25	25/IV—25/X
	Сады и виноградники . . . . .	5600	4800	800	800	800	6	1	18—20	24/IV—16/IX
	Овощные . . . . .	7000	6200	800	500—600	800	12	1	12—20	10/IV—20/X
	Сахарная свекла . . . . .	6200	5400	800	600—700	800	9	1	11—25	25/IV—5/IX
	Озимые колосовые . . . . .	2800	2000	800	600—700	800	3	1	18—30	1/IV—15/VI
	Яровые колосовые . . . . .	3400	2600	800	600—700	800	4	1	16—25	15/IV—20/VI
	Кукуруза . . . . .	3600	2800	800	600—800	800	4	1	18—30	15/IV—15/VIII
II	Хлопчатник . . . . .	6600	5600	1000	700—1000	1000	7	1	14—24	20/V—20/IX
	Люцерна . . . . .	7300	6300	1000	900—1100	1000	6	1	18—24	25/V—25/IX
	Сады и виноградники . . . . .	5100	3600	1500	900—1200	1500	3	1	25—30	15/V—25/IX
	Овощные . . . . .	6000	5200	800	500—600	800	9	1	16—24	15/IV—10/X
	Сахарная свекла . . . . .	5600	4600	1000	600—800	1000	6	1	14—25	25/IV—5/IX
	Озимые колосовые . . . . .	2600	1400	1200	700	1200	2	1	18—30	1/IV—15/VI
	Яровые колосовые . . . . .	3200	2000	1200	600—700	1200	3	1	16—25	15/IV—20/VI
	Кукуруза . . . . .	3400	2800	1200	600—800	1200	3	1	18—30	15/V—15/VIII
<i>IV. Область южных степей</i>										
I	Озимые колосовые . . . . .	2200	1400	800	700	800	2	1	18	1/V—1/VI
	Яровые колосовые . . . . .	2800	2000	800	600—700	800	3	1	18—25	5/V—30/VI

М поименно-квалификационные	Климатические области и сельскохозяйственные культуры	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га			Поливная норма, м <sup>3</sup> /га		Число поливов		Межполивной период	Период вегетационных поливов	
		суммарная	вегетационная	вневегетационная	вегетационная	вневегетационная	вегетационных	вневегетационных			
											—
I	Кукуруза, подсолнечник . . . . .	2600	1800	800	600—700	800	3	1	18—30	15/VI—15/VIII	
	Сахарная свекла . . . . .	3400	2600	800	500—600	800	4	1	12—22	30/V—20/VIII	
	Овощные культуры (капуста, томаты, огурцы, лук)	4000	4000	—	400—500	—	9	—	8—15	1/V—20/IX	
	Корнеплоды (свекла столовая, морковь и др.) . . . . .	2600	1800	800	400—500	800	4	1	12—20	10/V—20/VIII	
	Картофель . . . . .	2400	2400	—	400—500	—	5	—	15—20	10/V—20/VIII	
	Сады . . . . .	3200	2400	800	800	800	3	1	20—30	10/V—20/VIII	
	Виноградники . . . . .	2900	2100	800	700	800	3	1	20—30	10/V—20/VIII	
	Многолетние травы . . . . .	4300	3500	800	700	800	5	1	22—40	10/IV—20/VIII	
	II	Озимые колосовые . . . . .	2000	800	1200	800	1200	1	1	—	1/V—1/VI
		Яровые колосовые . . . . .	2400	1400	1000	700	1000	2	1	18	5/V—30/VI
Кукуруза, подсолнечник . . . . .		2200	1200	1000	600	1000	2	1	18—30	15/VI—15/VIII	
Сахарная свекла . . . . .		2600	1800	800	600	800	3	1	15—25	30/V—20/VIII	
Овощные культуры (капуста, томаты, огурцы, лук)		3600	3600	—	400—500	—	8	—	10—18	10/V—20/IX	
Корнеплоды (морковь, столовая свекла и др.) . . . . .		2300	1500	800	500	800	3	1	15—20	10/V—20/VIII	
Картофель . . . . .		2200	2200	—	500—600	—	4	1	15—25	10/V—20/VIII	
Сады . . . . .		3000	1800	1200	900	1200	2	1	25—30	10/V—1/IX	
Виноградники . . . . .		2800	1600	1200	800	1200	2	1	25—30	10/V—1/IX	
Многолетние травы . . . . .		4400	3200	1200	800	1200	4	1	25—40	10/IV—20/VIII	

## V. Область северных степей

I	Озимые яровые . . . . .	2000	1200	800	600	800	2	1	18	1/V—10/VI
	Яровые колосовые . . . . .	2200	1400	800	700	800	2	1	18	10/V—5/VII
	Кукуруза, подсолнечник . . . . .	2100	1300	800	600—700	800	2	1	18—30	20/VI—10/VIII
	Сахарная свекла . . . . .	2300	1500	800	500	800	3	1	20—25	1/VI—01/VIII
	Овощные культуры (капуста, томаты, огурцы, лук)	3400	3400	—	400—500	—	8	—	8—18	1/V—30/VIII
	Корнеплоды (столовая свекла, морковь и др.) . . . . .	2200	1400	800	400—500	800	3	1	22—30	15/V—15/VIII
	Картофель . . . . .	2000	2000	—	500	—	4	—	15—25	10/V—15/VIII
	Сады . . . . .	2900	2100	800	700	800	3	1	20—30	10/V—15/VIII
	Виноградники . . . . .	2700	1900	800	600—700	800	3	1	20—30	10/V—15/VIII
	Многолетние травы . . . . .	3600	2800	800	700	800	4	1	22—40	10/IV—15/VIII
II	Озимые колосовые . . . . .	1600	600	1000	600	1000	1	1	—	10/V—10/VI
	Яровые колосовые . . . . .	1800	800	1000	800	1000	1	1	—	10/V—5/VII
	Кукуруза, подсолнечник . . . . .	1600	1600	—	600	1000	1	1	25	20/VI—10/VIII
	Сахарная свекла . . . . .	2000	1000	1000	500	1000	2	1	22—30	5/VI—15/VIII
	Овощные культуры (капуста, томаты, огурцы, лук)	3000	3000	—	400—500	—	7	—	10—18	5/V—10/IX
	Корнеплоды (свекла столовая, морковь и др.) . . . . .	1800	1000	800	500	800	2	1	22—30	15/V—20/VIII
	Картофель . . . . .	1800	1800	—	600	—	3	—	18—27	1/V—20/VIII
	Сады . . . . .	2400	1400	1000	700	1000	2	1	25—30	15/V—10/VIII
	Виноградники . . . . .	2200	1400	800	700	800	2	1	25—30	15/V—20/VIII
	Многолетние травы . . . . .	3400	2400	1000	800	1000	3	1	23—45	20/IV—20/VIII

## VI. Область лесостепи

I	Озимые колосовые . . . . .	1400	600	800	600	800	1	1	—	1/V—20/VI
	Яровые колосовые . . . . .	2000	1200	800	600	800	2	1	16	10/V—10/VII

№ почвенно-мелиоративного района	Климатические области и сельскохозяйственные культуры	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га		
		Суммарная	вегетационная	вневегетационная
	Кукуруза, подсолнечник . . . . .	1500	1500	—
	Сахарная свекла . . . . .	1800	1000	800
	Овощи (капуста, томаты, огурцы, лук и др.) . . . . .	2800	2800	—
	Корнеплоды (свекла столовая, морковь и др.) . . . . .	1600	800	800
	Картофель . . . . .	1600	1600	—
	Сады . . . . .	2200	1400	800
	Многолетние травы . . . . .	2900	2100	800
I	Озимые колосовые . . . . .	1000	—	1000
	Яровые колосовые . . . . .	1400	600	800
	Кукуруза, подсолнечник . . . . .	1200	1200	—
	Сахарная свекла . . . . .	1500	1500	—
	Овощи . . . . .	2400	2400	—
	Корнеплоды (свекла столовая, морковь и др.) . . . . .	1300	1300	—
	Картофель . . . . .	1200	1200	—
	Сады . . . . .	1700	700	1000
	Многолетние травы . . . . .	2600	1600	1000

## Продолжение

Поливная норма, м <sup>3</sup> /га		Число поливов		Межполивной период	Период вегетационных поливов
вегетационная	вневегетационная	вегетационных	вневегетационных		
500	—	3	—	18—25	20 IV—20 VIII
500	800	2	1	20—30	10 VI—15 VIII
400—500	—	6	—	12—20	20 V—15 VIII
400	800	2	1	20—30	20 V—15 VIII
500—600	—	3	1	16—25	10 V—15 VIII
700	800	2	1	25	20 V—1/VIII
700	800	3	1	30—40	25 IV—15 VIII
—	1000	—	1	—	10 V—20 VI
600	800	1	1	—	15 V—10 VII
600	—	2	—	25	25 VI—20 VIII
500	1000	1	1	22—30	10 VI—15 VIII
400—500	—	5	—	15—20	20 V—15 VIII
500	800	1	1	22—36	20 V—15 VIII
600	—	2	—	20—25	10 V—15 VIII
700	1000	1	1	—	20 V—1/VIII
800	1000	2	1	30—50	25 IV—15 VIII

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
Раздел I	
<b>Оросительные мелиорации</b>	
<i>Глава 1.</i> Основные сведения об оросительных мелиорациях . . . . .	8
§ 1. Виды и способы орошения . . . . .	8
§ 2. Элементы оросительной системы . . . . .	13
§ 3. Экономическая эффективность орошения . . . . .	15
<i>Глава 2.</i> Поливной режим сельскохозяйственных культур . . . . .	17
§ 4. Режим влажности почвы и его регулирование . . . . .	17
§ 5. Оросительные и поливные нормы, режим орошения . . . . .	23
§ 6. Оросительный гидромодуль . . . . .	33
Лабораторно-практические занятия . . . . .	38
<i>Глава 3.</i> Способы и техника полива сельскохозяйственных культур . . . . .	47
§ 7. Способы полива при поверхностном орошении . . . . .	47
§ 8. Полив по полосам . . . . .	48
§ 9. Полив по бороздам . . . . .	52
§ 10. Полив риса затоплением . . . . .	58
§ 11. Полив дождеванием . . . . .	62
§ 12. Подпочвенное орошение . . . . .	73
Лабораторно-практические занятия . . . . .	74
<i>Глава 4.</i> Временная оросительная сеть и подготовка поверхности поливных участков к поливу . . . . .	80
§ 13. Временная оросительная сеть . . . . .	80
§ 14. Подготовка поверхности поливных участков к поливу . . . . .	85
§ 15. Арматура на временной оросительной сети . . . . .	90
<i>Глава 5.</i> Постоянная оросительная сеть . . . . .	96
§ 16. Расположение оросительных каналов . . . . .	96
§ 17. Номенклатура каналов и орошаемых площадей . . . . .	103
§ 18. Лесные полосы и дороги . . . . .	105
§ 19. Плановое водопользование и расчетные расходы воды в каналах . . . . .	108
§ 20. Коэффициент полезного действия оросительных систем и борьба с потерями воды из каналов . . . . .	115

§ 21. Конструкция и расчет оросительных каналов . . . . .	120
§ 22. Лотковая сеть . . . . .	129
§ 23. Закрытые и комбинированные оросительные системы . . . . .	132
§ 24. Экономическая эффективность различных конструкций оросительной сети . . . . .	138
Лабораторно-практические занятия . . . . .	139
<i>Глава 6. Сооружения на постоянной оросительной сети . . . . .</i>	<i>154</i>
§ 25. Назначение сооружений на каналах и их номенклатура . . . . .	154
§ 26. Сооружения по регулированию расходов и уровней воды в каналах . . . . .	155
§ 27. Сооружения для сопряжения бьефов и на пересечениях . . . . .	161
<i>Глава 7. Источники воды для орошения и обводнения и головное питание оросительных систем . . . . .</i>	<i>164</i>
§ 28. Источники воды для орошения и обводнения . . . . .	164
§ 29. Головное питание оросительных систем . . . . .	166
§ 30. Предохранение оросительных систем от заиливания . . . . .	173
<i>Глава 8. Предупреждение заболачивания и засоления орошаемых земель. Водосборно-сбросная и дренажная сеть . . . . .</i>	<i>177</i>
§ 31. Предупреждение засоления и заболачивания орошаемых почв . . . . .	177
§ 32. Водосборно-сбросная сеть . . . . .	179
§ 33. Дренажная сеть на орошаемых землях . . . . .	181
§ 34. Промывка засоленных почв . . . . .	187
Лабораторно-практические занятия . . . . .	190
<i>Глава 9. Орошение с механическим подъемом воды . . . . .</i>	<i>196</i>
§ 35. Общие сведения о насосных станциях . . . . .	196
§ 36. Схемы размещения насосных станций . . . . .	201
§ 37. Режим работы и определение мощности насоса и двигателя . . . . .	204
Лабораторно-практические занятия . . . . .	207
<i>Глава 10. Использование вод местного стока на орошение и обводнение . . . . .</i>	<i>215</i>
§ 38. Орошение и обводнение из водохранилищ . . . . .	215
§ 39. Лиманное орошение . . . . .	221
Лабораторно-практические занятия . . . . .	227
<i>Глава 11. Использование подземных и коммунально-промышленных канализационных вод на орошение . . . . .</i>	<i>233</i>
§ 40. Орошение подземными водами . . . . .	233
§ 41. Орошение сточными водами . . . . .	234
<i>Глава 12. Порядок проведения изысканий и проектирования оросительных систем. Экономическая эффективность орошения . . . . .</i>	<i>238</i>
§ 42. Изыскания и проектирование оросительных систем . . . . .	238
§ 43. Экономическая эффективность капиталовложений . . . . .	245

## Раздел II

### Осушительные мелиорации

<i>Глава 13. Основные сведения об осушительных мелиорациях . . . . .</i>	<i>250</i>
§ 44. Значение осушительных мелиораций и их развитие . . . . .	250
§ 45. Причины избыточного увлажнения и виды земель, требующих осушения . . . . .	252
§ 46. Методы и способы осушения избыточно увлажненных земель . . . . .	255

§ 47. Эффективность осушительных мелиораций . . . . .	258
§ 48. Осушительная система и ее составные части . . . . .	260
<b>Глава 14. Регулирующая осушительная сеть . . . . .</b>	<b>266</b>
§ 49. Требования, предъявляемые сельскохозяйственными культурами к водному режиму почвы . . . . .	266
§ 50. Общие принципы проектирования регулирующей осушительной сети . . . . .	268
Открытая регулирующая сеть . . . . .	274
§ 51. Осушение пашни на тяжелых минеральных почвах . . . . .	274
§ 52. Осушение пашни на легких минеральных почвах . . . . .	281
§ 53. Осушение торфяных болот открытыми каналами . . . . .	284
§ 54. Осушение естественных лугов на тяжелых минеральных почвах . . . . .	289
§ 55. Осушение тяжелых минеральных почв на Дальнем Востоке	290
Закрытая регулирующая сеть . . . . .	292
§ 56. Осушение закрытым дренажем минеральных избыточно увлажненных земель . . . . .	292
§ 57. Осушение торфяных болот закрытым дренажем . . . . .	297
§ 58. Новые виды дренажа . . . . .	300
§ 59. Строительство открытой и закрытой регулирующей сети . . . . .	302
Лабораторно-практические занятия , . . . .	304
<b>Глава 15. Проводящая и оградительная осушительная сеть . . . . .</b>	<b>309</b>
§ 60. Расположение проводящих осушительных каналов в плане . . . . .	309
§ 61. Продольный профиль проводящих каналов . . . . .	311
§ 62. Поперечные размеры проводящих каналов . . . . .	313
§ 63. Гидрологический расчет осушительных каналов . . . . .	314
§ 64. Гидравлический расчет проводящих осушительных каналов . . . . .	318
§ 65. Гидравлический расчет закрытых коллекторов . . . . .	321
§ 66. Оградительная осушительная сеть . . . . .	324
§ 67. Строительство проводящих осушительных каналов . . . . .	327
§ 68. Дороги на осушаемых землях . . . . .	329
§ 69. Сооружения на открытых осушительных каналах . . . . .	331
§ 70. Сооружения на закрытых осушительных системах . . . . .	335
Лабораторно-практические занятия . . . . .	338
<b>Глава 16. Регулирование водно-воздушного и питательного режима почв осушаемых массивов . . . . .</b>	<b>355</b>
§ 71. Необходимость регулирования водно-воздушного и питательного режима почвы . . . . .	355
§ 72. Шлюзование осушительных систем . . . . .	356
§ 73. Орошение осушаемых земель . . . . .	359
<b>Глава 17. Водоприемники осушительных систем . . . . .</b>	<b>363</b>
§ 74. Требования, предъявляемые к водоприемникам осушительных систем . . . . .	363
§ 75. Причины неудовлетворительного состояния водоприемников; классификация водоприемников . . . . .	364
§ 76. Способы регулирования водоприемников . . . . .	366
§ 77. Порядок работ по составлению проекта регулирования водоприемника . . . . .	376
§ 78. Влияние регулирования водоприемника на затопление поймы	380
Лабораторно-практические занятия . . . . .	380
<b>Глава 18. Борьба с подтоплением и мелководным затоплением . . . . .</b>	<b>387</b>
§ 79. Комплексная мелиорация пойм . . . . .	387

§ 80. Мероприятия по борьбе с подтоплением и мелководным затоплением . . . . .	391
§ 81. Кольматаж заболоченных низменностей . . . . .	394
Лабораторно-практические занятия . . . . .	397
<i>Глава 19. Осушение с механической откачкой воды и вертикальные системы осушения . . . . .</i>	400
§ 82. Осушение с механической откачкой воды . . . . .	400
§ 83. Осушение при помощи вертикальных колодцев . . . . .	406
Лабораторно-практические занятия . . . . .	409
<i>Глава 20. Специальные виды осушения . . . . .</i>	413
§ 84. Осушение торфяных болот для добычи торфа . . . . .	413
§ 85. Осушение лесных земель . . . . .	417
§ 86. Осушение строительных и промышленных площадок . . . . .	423
<i>Глава 21. Изыскания и проектирование осушительных мелиораций. Освоение осушенных земель. Экономическая эффективность осушительных мелиораций . . . . .</i>	427
§ 87. Проектирование осушительных мелиораций . . . . .	427
§ 88. Состав мелиоративных изысканий для составления проектов осушения . . . . .	430
§ 89. Освоение осушенных земель . . . . .	434
§ 90. Использование осушенных земель и экономическая эффективность осушительных мелиораций . . . . .	440
Лабораторно-практические занятия . . . . .	441

### Раздел III

#### Борьба с эрозией почв

<i>Глава 22. Предупреждение эрозии почв и оползней грунтов и борьба с ними . . . . .</i>	446
§ 91. Типы почвенной эрозии и ее причины . . . . .	446
§ 92. Меры борьбы с плоскостной эрозией почв . . . . .	450
§ 93. Борьба с линейной эрозией почвы . . . . .	454
§ 94. Борьба с оползнями грунта . . . . .	458
Лабораторно-практические занятия . . . . .	459
Приложение . . . . .	464

Розин В. А., Безмяев А. И и Луганский В. Д.  
**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕЛИОРАЦИИ**. М., изд-во «Колос», 1965.  
 472 с. (Учебник и учеб. пособия для с.-х. техникумов).

УДК 631.6(075.3)

Редактор Г. В. Елизаветская. Художник Н. И. Крылов.  
 Художественный редактор З. П. Зубрилина.  
 Технический редактор З. П. Околелова. Корректор В. Л. Непомнящая.

Сдано в набор 6/III 1965 г. Подписано к печати 14/V 1965 г. Т-07742. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. 29,5+1 вкл. Уч. изд. л. 30,18. Изд. № 3046. Т. п. 1965 г. № 433. Тираж 15000 экз. Заказ № 886.  
 Цена 1 р. 01 к.

Издательство «Колос», Москва, К 31, ул. Дзержинского, д. 1/19.

Владимирская типография Главполиграфпрома Государственного комитета  
 Совета Министров СССР по печати. Гор. Владимир, ул. Победы д. 18-6



1 p. 01 к.

