

В.В. Колпаков  
И.П. Сухарев

# Сельскохозяйственные мелиорации



40.6  
к 61

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ  
ДЛЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**В.В.Колпаков**  
**И.П.Сухарев**

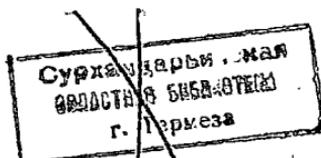
# Сельскохозяйственные мелиорации

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ  
И ДОПОЛНЕННОЕ

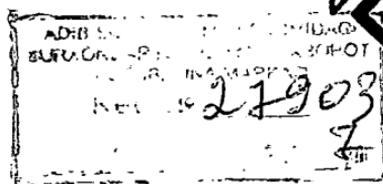
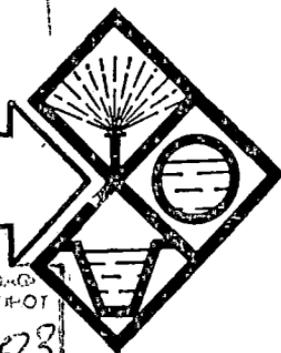
*Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук  
профессора Сухарева И. П.*

Допущено Управлением высшего и среднего специального обра-  
зования Государственного агропромышленного комитета СССР в  
качестве учебника для студентов высших учебных заведений по  
агрономическим специальностям.

40.6  
к 61



МОСКВА АГРОПРОМИЗДАТ 1988



ББК 40.6

К61

УДК 631.6(075.8)

Главы 1, 2, 4...6, 7 (кроме § 58...60) написаны доктором сельскохозяйственных наук, профессором *В. В. Колпаковым*, переработаны и дополнены доктором сельскохозяйственных наук, профессором *И. П. Сухаревым*; главы 3, 8, 9, разделы III—V, § 58...60 написаны *И. П. Сухаревым*.

Рецензенты: кандидат технических наук, профессор *П. А. Волковский* (Тимирязевская сельскохозяйственная академия); доктор географических наук, профессор *Н. А. Мосиенко* (Саратовский сельскохозяйственный институт им. Н. И. Вавилова).

**Колпаков В. В., Сухарев И. П.**

К 61 Сельскохозяйственные мелиорации/Под ред. И. П. Сухарева.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Агропромиздат, 1988.— 319 с.: ил.— (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).

ISBN 5—10—001569—1

Даны общие понятия о мелиорации. Рассказано о ее развитии в СССР. Большое внимание уделено оросительным и осушительным мелиорациям, эксплуатации мелиоративных систем. Приведены мероприятия по борьбе с эрозией почв, общие сведения по обводнению и сельскохозяйственному водоснабжению.

Во второе издание (первое вышло в 1981 г.) внесены изменения с учетом новейших достижений науки и передовой практики, введен раздел «Экономическая эффективность мелиораций».

Для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям.

К  $\frac{3802030000-093}{035(01)-88}$  143—87

ББК 40.6

ISBN 5—10—001569—1

© Издательство «Колос», 1981  
© ВО «Агропромиздат», 1988,  
с изменениями

---

## 1. Введение

---

### Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕЛИОРАЦИИ

#### § 1. Предмет и задачи мелиорации

Мелиорация (от латинского слова *melioratio* — улучшение) — это изменение природных условий путем регулирования водного и воздушного режимов почвы в благоприятном для сельскохозяйственных культур направлении.

По А. Н. Костякову, сельскохозяйственные мелиорации в СССР представляют собой систему организационно-хозяйственных и технических мероприятий, имеющих задачей коренное улучшение неблагоприятных природных (гидрологических, почвенных, агроклиматических) условий с целью наиболее эффективного использования земельных ресурсов в соответствии с потребностями социалистического хозяйства.

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

При *агротехнических мелиорациях* плодородие земель повышают правильным выбором глубины и направления вспашки, почвоуглублением, сочетанием вспашки с поделкой глубоких борозд, гряд и валиков, залужением крутых склонов, мульчированием почвы, снегозадержанием и др. Этот вид мелиораций не требует специальных капитальных вложений, так как выполняется обычно машинами и орудиями, уже имеющимися в хозяйствах.

При *лесотехнических мелиорациях* улучшения земель (движущихся песков, крутых склонов, оврагов и др.) достигают посадкой на них древесной или травянистой растительности в сочетании с древесной.

При *химических мелиорациях* почвы (содовые солонцы и др.) улучшают внесением извести, гипса, дефекационной грязи, поваренной соли, серной кислоты, синтетического каучука, томаслаков, фосфоритной муки. Для борьбы с зарастанием мелиоративных каналов и прилегающих полей сорной растительностью используют различные гербициды, для снижения фильтрации из водоемов и крупных каналов — полимерные материалы.

При *гидротехнических мелиорациях* повышения плодородия земель достигают изменением их водного режима (орошением, строительством плотин, водохранилищ, осушительных каналов и др.). В степных районах для задержания весенних талых

вод устраивают лиманы. В предгорных районах для борьбы с водной эрозией строят террасы. В засушливых или периодически засушливых (юг и юго-восток СССР), а также в умеренно увлажненных районах при возделывании культур, потребляющих много воды (многолетние травы, овощные и технические культуры), недостаток влаги компенсируют орошением. В избыточно увлажненных районах, главным образом на северо-западе страны и в низинах, избытки воды из почвы отводят с помощью осушительных мелиораций.

Гидротехнические мелиорации требуют значительных капитальных вложений. Поэтому для их проведения необходимо технико-экономическое обоснование. Наибольшую экономическую эффективность мелиораций получают от комплексного их применения: когда орошение сочетается с дренированием земель, а осушение — с периодическим орошением; гидротехнические мелиорации — с правильной организацией труда, высоким уровнем агротехники, внесением необходимых доз удобрений; закрепление крутых склонов и оврагов — с устройством водоотводных каналов и валов, лотков и перепадов с лесными посадками и залужением; устройство прудов и водохранилищ — с орошением земель и рыбозаведением; осушение земель — с известкованием почв и комплексом культуртехнических работ; освоение и промывка засоленных земель — с мелиоративной вспашкой, гипсованием, подбором культур-освоителей. Кроме того, для правильного освоения орошаемых, осушенных и эродированных земель большое значение имеют правильный выбор вида и сорта культур и чередование их в севооборотах обычного и специального назначения, а также экономика и организация сельскохозяйственного производства.

Комплекс мероприятий по борьбе с эрозией почв включает агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические приемы, направленные на сохранение плодородия почвы, предотвращение смыва и размыва ее разрушительной силой сосредоточенных водных потоков.

Все инженерные сооружения на мелиоративных системах не меняют агрономической сущности мелиорации как основного средства сельскохозяйственного производства, регулирования водного режима почвы, повышения ее плодородия. Конечные разветвления мелиоративных систем постепенно переходят в элементы агротехники. На мелиорируемых землях на агрономов возложены руководство поливами, контроль за их качеством, от которого зависит урожайность орошаемых культур, весь комплекс агротехники. Освоение осушенных земель, уход за осушительной сетью также осуществляется при непосредственном руководстве агронома.

## § 2. Развитие мелиорации в СССР

Первые работы по мелиорации земель в России относятся к началу XIX в. В 1802 г. начато осушение болот в ряде северных и северо-западных губерний, главным образом в окрестностях Петербурга.

В 1810—1822 гг. в Рыльском уезде Курской губернии было осушено болото в пойме р. Сейма площадью более 3000 га.

В 1853 г. на болотных землях Горы-Горецкого учебного заведения (ныне Белорусская сельскохозяйственная академия)

А. Н. Козловским заложен первый в России гончарный дренаж. За 1853—1862 гг. этим дренажем осушено более 200 га. Он сохранился до наших дней.

В период 1848—1882 гг. площади орошаемых земель значительно возросли в Закавказье, на Северном Кавказе. Орошение начали применять и в отдельных районах Поволжья.

После Великой Октябрьской социалистической революции мелиорации земель стали уделять больше внимания. В. И. Ленин придавал большое значение орошению и считал, что оно должно играть важную роль в развитии производительных сил в Средней Азии и Закавказье.

В мае 1918 г. В. И. Ленин подписал декрет об организации оросительных работ в Туркестане. По этому декрету предусматривалось освоить под орошение 500 тыс. га земель в Голодной степи и Самаркандской области, 40 тыс. га в Дальверзинской степи, 10 тыс. га в Фергане и построить плотины на р. Зеравшан в Узбекистане и р. Чу в Киргизии.

В 1920 г. планом ГОЭЛРО, разработанным по указанию В. И. Ленина, было намечено осушить 30...40 млн. га земель и оросить 8 млн. га земель.

Развитие научных основ мелиорации в нашей стране связано с именами таких крупных ученых, как В. В. Докучаев, А. А. Измаильский, П. А. Костычев, В. Р. Вильямс, В. В. Подырев, П. А. Витте, А. Н. Костяков, Б. А. Шумаков, А. Д. Брудастов, И. А. Шаров, С. Ф. Аверьянов и др.

### ВИДНЫЕ СОВЕТСКИЕ УЧЕНЫЕ-МЕЛИОРАТОРЫ

**Костяков Алексей Николаевич** (1887—1957 гг.), член-корреспондент АН СССР, академик ВАСХНИЛ, лауреат Государственных премий СССР, выдающийся ученый, основоположник советской мелиоративной науки. Он первый определил цели и задачи мелиорации в условиях социалистического сельского хозяйства, положил начало научным мелиоративным исследованиям в нашей стране, всесторонне обобщил мировой практический опыт мелиорации и разработал теоретические основы орошения и осушения земель (метод водного баланса мелиорируемых земель, теория поверхностных поливов, теоретические основы полива дождева-

нием, теория расчета элементов гидромелиоративных систем), обосновал необходимость двустороннего регулирования водного режима на мелиорируемых землях. А. Н. Костяков принимал участие в работе комиссии по разработке плана ГОЭЛРО, долгие годы возглавлял отделение гидротехники и мелиорации ВАСХНИЛ, отдавал много сил разработке программы мелиорации земель в нашей стране на длительную перспективу. Создал советскую научную мелиоративную школу, видными представителями которой и ближайшими соратниками А. Н. Костякова были Б. А. Шумаков, А. Д. Брудастов, А. А. Черкасов, И. А. Шаров, Н. А. Янишевский, Н. Д. Кременецкий, С. Ф. Аверьянов и др. При его непосредственном участии в 1923 г. был организован Государственный институт сельскохозяйственной мелиорации, впоследствии Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ), в настоящее время носящий имя А. Н. Костякова. Им написан капитальный труд «Основы мелиораций», вышедший 6 изданиями и переведенный на ряд иностранных языков.

В 1971 г. учреждена Золотая медаль им. А. Н. Костякова, присуждаемая Президиумом ВАСХНИЛ за крупные научно-исследовательские работы в области сельскохозяйственных мелиораций.

**Шумаков Борис Аполлонович** (1889—1979 гг.), академик ВАСХНИЛ, Герой Социалистического Труда, крупный советский ученый-мелиоратор, один из основателей советской научной мелиоративной школы. Он внес большой вклад в развитие мелиорации. Под его руководством в нашей стране организованы первые научные учреждения в области мелиорации, в том числе крупнейший в стране Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ЮжНИИГиМ). Им разработана схема мелиорации низовий Кубани и проведены первые производственные посевы риса, послужившие основой для широкого развития рисосеяния на Северном Кавказе. Большое внимание Б. А. Шумаков уделял разработке и внедрению в практику приемов освоения орошаемых земель, эффективных инженерных систем лиманного орошения, рационализации способов полива.

**Брудастов Алексей Дмитриевич** (1884—1952 гг.), профессор, крупный советский ученый-мелиоратор, один из основоположников советской научной школы в области осушительных мелиораций. Им выделены основные типы водного питания заболоченных земель, сформулированы принципы регулирования их водного баланса, и на этой основе разработана система методов и способов осушения, дана классификация заболоченных рекводоприемников, разработаны методы их регулирования, новые оригинальные способы осушения тяжелых почв, основанные на применении закрытых собирателей, и системы агро-мелиоративных мероприятий, способы осушения земель грунтового и грунтово-напорного питания редкими глубокими каналами. При непосредственном участии А. Д. Брудастова проводились осушительные работы в Белоруссии и Нечерноземной зоне РСФСР. Им написан капитальный труд «Осушение минеральных и болотных земель», вышедший 4 изданиями.

**Шаров Иван Александрович** (1888—1980 гг.), академик ВАСХНИЛ, крупный советский ученый в области эксплуатации гидромелиоративных систем. В течение многих лет руководил ирригационными работами в Туркмении. Одним из первых провел исследования зоны Каракумского канала, обосновал возможность и целесообразность его строительства. Им выполнены большие исследования по совершенствованию техники и организации поливов, предложен новый эффективный способ полива по бороздам из закрытых трубопроводов, заложены научные основы эксплуатации оросительных систем. Он написал капитальный труд «Эксплуатация гидромелиоративных систем», вышедший 3 изданиями.

Аверьянов Сергей Федорович (1912—1972 гг.), академик ВАСХНИЛ, крупный советский ученый-мелиоратор. В его трудах получило дальнейшее развитие творческое наследие А. Н. Костякова. Он внес большой вклад в развитие теории и практики управления водным режимом мелируемых земель, борьбы с засолением орошаемых земель, дал теоретические обоснования методов расчета режима грунтовых вод на орошаемых землях, разработал теорию передвижения солей при промывках засоленных земель, предложил методы расчета дренажа на орошаемых землях, уделил большое внимание разработке теории передвижения в почве влаги, солей, тепла с целью комплексного регулирования жизненных факторов растений. Результаты исследований С. Ф. Аверьянова легли в основу большого числа норм и технических условий, широко применяемых при проектировании мелиоративных мероприятий во всех зонах нашей страны. Им написан капитальный труд «Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод».

Великая Отечественная война приостановила развитие мелиорации в нашей стране. После ее окончания были восстановлены и реконструированы разрушенные оросительные и осушительные системы и намечены дальнейшие мероприятия по развитию мелиорации земель. В период 1946—1950 гг. начаты работы: по орошению земель на местном стоке, строительству прудов и водоемов, созданию полезащитных лесонасаждений в степных и лесостепных районах, по орошению земель на Северном Кавказе и в Закавказье, на юге Украины, в Крыму и Поволжье; по дальнейшему развитию орошения в Средней Азии, в бассейнах рек Теджена, Зеравшана, Ангrena, Чу, Сырдарьи (в Ферганской долине и Голодной степи) и др.; по строительству Каракумского канала (для подачи воды из р. Амударьи в пустынные, мало обеспеченные водой районы Мургабского и Тедженского оазисов).

Начиная с майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС, утвердившего широкую программу мелиорации земель, включая одиннадцатую пятилетку, на цели мелиорации направлено 115 млрд. р. капитальных вложений. Впервые в истории страны намечены пути значительного увеличения площади орошаемых земель для производства зерна; а также создания крупных оросительных систем в Поволжье, на Северном Кавказе, Украине и в Молдавии. Особое внимание на пленуме было обращено на развитие рисосеяния.

За прошедшие после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС годы для выполнения работ по мелиорации создана необходимая производственная база. Водохозяйственные организации оснащены землеройной техникой, тракторами, автомобильным транспортом, специальными машинами. Решен ряд важных вопросов, связанных с развитием орошения и осушения земель в Нечерноземной зоне РСФСР, в Поволжье, Сибири, на Дальнем Востоке. Созданы крупные рисовые инженерные системы в Краснодарском крае, Астраханской области, в низовьях рек

Амударьи и Сырдарьи. Преобразованы Голодная, Джизакская и Каршинская степи, построен Каракумский канал, освоены плавни Кубани и заболоченные массивы в украинском и белорусском Полесье. Площади орошаемых и осушенных земель возросли за это время с 17 до 33 млн. га.

Широкомасштабное развитие мелиорации земель, коренное улучшение использования мелиорированных угодий предусматривает Долговременная программа мелиорации земель, одобренная октябрьским (1984 г.) Пленумом ЦК КПСС. Она открывает новый крупный этап в борьбе за повышение плодородия земель. В сравнительно короткие сроки намечается в полтора раза расширить площади орошаемых и осушенных угодий, что позволит удвоить выход с них продукции растениеводства. В итоге страна сможет получать независимо от колебаний погоды почти половину всей продукции земледелия. Долговременной программой мелиорации земель предусматривается создание крупных зон гарантированного производства сельскохозяйственной продукции на промышленной основе с использованием современных автоматизированных систем, применением научно обоснованных приемов земледелия, лучших сортов культур, передовых технологий, с программированием урожая.

Конкретные плановые задания по реализации программных целей КПСС, в том числе Продовольственной программы СССР и Долговременной программы мелиорации земель, определены в Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года, принятых на XXVII съезде КПСС. Так, в двенадцатой пятилетке намечается ввести в эксплуатацию за счет капитальных вложений 3,3 млн. га орошаемых и 3,6 млн. га осушенных земель, выполнить культуртехнические работы на площади 8,3 млн. га, улучшить техническое состояние действующих оросительных систем на площади 5,6 млн. га, комплексно решать вопросы мелиорации земель и их сельскохозяйственного освоения, осуществить меры по ускорению перехода на водосберегающие технологии орошения, бережному использованию водных ресурсов и земельных угодий. Предусматривается также расширение масштабов водохозяйственного строительства и совершенствование его организации.

В принятых в 1987 г. Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О совершенствовании научного обеспечения развития агропромышленного комплекса страны» и Постановлении ЦК КПСС «О неотложных мерах по ускорению решения продовольственного вопроса в соответствии с установками июньского (1987 г.) Пленума ЦК КПСС» большая роль в решении продовольственного вопроса отводится мелиорации земель, оптимизации использования капитальных вложений и водных

ресурсов, созданию высокопроизводительных мелиоративных систем. Предусматривается внедрение высокопроизводительной дождевальной техники. Признано необходимым резко повысить отдачу от вкладываемых средств в мелиорацию.

Важнейшим фактором повышения эффективности мелиораций, роста производительности труда, рационального использования водных ресурсов и земельных угодий станет ускорение научно-технического прогресса, внедрение передового опыта, совершенствование взаимоотношений сельскохозяйственных и водохозяйственных органов, хозяйств и служб эксплуатации.

### § 3. Мелиоративные зоны СССР

При выделении мелиоративных зон, районов, отдельных объектов орошения и осушения внутри крупных природных зон учитывали климат, ландшафт, почвенно-гидрологические условия.

В зависимости от баланса влаги и тепла территорию СССР условно делят на пять природных зон (табл. 1).

#### 1. Основные климатические показатели природных зон СССР

Зона	Среднегодовая температура воздуха, °С	Число дней с температурой > 5 °С	Сумма осадков за год, мм	Испарение с водной поверхности за год, мм
Тундра	-9	90	290	250
Лесная	-1	140	450	410
Лесостепь	+2	170	550	600
Степь	+5	190	340	850
Пустыня	+11	230	100	1500

В тундре и лесной зоне, где осадков выпадает больше, чем испаряется, наблюдается переувлажнение и заболачивание почв. В лесостепной зоне испарение превышает количество осадков, в степной и полупустынной зонах осадков выпадает в 2,5...9 раз меньше, чем испаряется.

Помимо крупных природных зон, в нашей стране для административных и хозяйственных целей выделены природно-хозяйственные, а для целей районирования сельскохозяйственных культур, внесения удобрений и других нужд — специальные сельскохозяйственные зоны или районы. Природно-хозяйственные районы обычно включают несколько административных областей, более или менее сходных по природным условиям. Советом по изучению производительных сил (СОПС) АН СССР, Институтом географии и Почвенным институтом им. В. В. Докучаева в СССР выделено 36 природно-хозяйственных районов. Северная и сред-

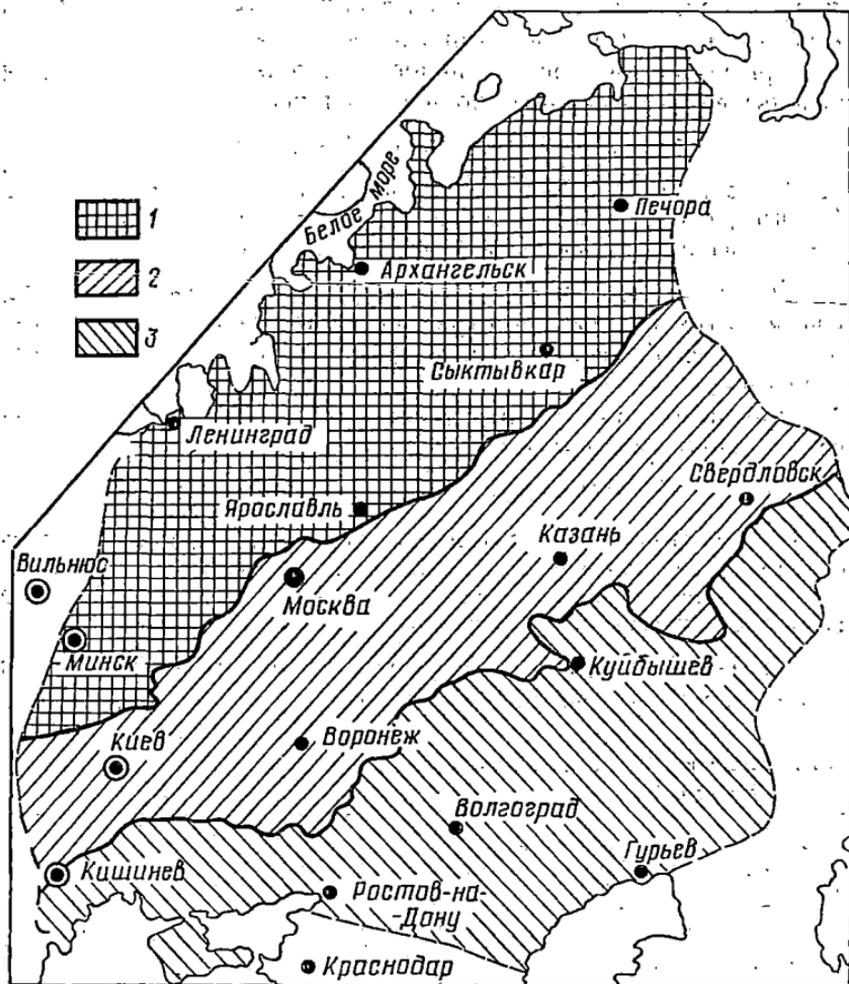


Рис. 1. Зоны избыточного (1), неустойчивого (2) и недостаточного (3) увлажнения (по А. Н. Костякову).

няя тайга с избыточной естественной увлажненностью характерна для европейского севера и северо-запада, Западной и Восточной Сибири; южная тайга и смешанные леса — для центрального и северо-восточного районов Нечерноземной зоны, Северного Урала, Алтайско-Кемеровского района и Дальнего Востока, Белоруссии и Прибалтики; лесостепь — для центральных черноземных областей, районов Южного Урала, Украины и Молдавии. К влажным типичным степям относятся ландшафты Северного Кавказа, юга Украины, Молдавии, Северного Казах-

стана. Засушливые южные степи преобладают в северной части Казахстана, на Северном Кавказе, в районах Заволжья.

При выделении зон различного увлажнения А. Н. Костяков использовал коэффициент водного баланса

$$K = \mu P / E; \quad E = 100t[1 - (r/100)],$$

где  $P$  — осадки за год, мм;  $\mu$  — коэффициент использования осадков;  $E$  — испаряемость, мм;  $t$  — среднегодовая температура воздуха, °С;  $r$  — среднегодовая относительная влажность воздуха, %.

Европейская территория СССР была разделена А. Н. Костяковым на три крупные зоны (рис. 1): избыточного увлажнения —  $K > 1$ ; неустойчивого увлажнения —  $K = 1$  и недостаточного увлажнения —  $K < 1$ .

При выделении климатических зон Н. Н. Иванов применял коэффициент увлажнения

$$K = P/E; \quad E_m = 0,0018(25 + t)^2 (100 - a),$$

где  $P$  — сумма осадков за год, мм;  $E$  — годовая испаряемость, равная сумме месячной испаряемости ( $\Sigma E_m$ ), мм;  $E_m$  — месячная испаряемость, мм;  $t$  — среднемесячная температура воздуха, °С;  $a$  — среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Изменение коэффициента увлажнения по отдельным зонам можно проследить по данным таблицы 2.

## 2. Значения коэффициента увлажнения $K$ в зависимости от зоны

Зона	Сумма осадков за год, мм	Коэффициент увлажнения $K$	Зона	Сумма осадков за год, мм	Коэффициент увлажнения $K$
Пустыня	80...120	< 0,1	Южные степи	250...450	0,3...0,5
Полупустыня	150...250	0,1...0,2	Черноземные »	350...550	0,5...0,7
Сухие степи	200...400	0,2...0,3	Лесостепь	450...650	0,7...0,9

При выделении климатических и сельскохозяйственных зон Г. Т. Селянинов использовал гидротермический коэффициент

$$K = P10 / \Sigma t,$$

где  $P$  — сумма осадков за период вегетации, мм;  $\Sigma t$  — сумма среднесуточных температур воздуха за тот же период, °С.

Гидротермический коэффициент  $K$  по Г. Т. Селянину в зависимости от степени увлажнения имеет следующие значения: при полном бездожде — 0; при сильной засухе — 0,5; при границе засухи — 1; при хорошем увлажнении — 1,5 и при избыточном увлажнении — 2.

Наиболее благоприятным гидротермическим коэффициентом обладают районы Нечерноземной зоны и северной лесостепи. Районы черноземных и южных каштановых почв степи имеют низкие гидротермические коэффициенты. Гидротермические коэффициенты значительно снижаются в летние (июль — август) месяцы (табл. 3).

### 3. Средние значения гидротермических коэффициентов в некоторых районах СССР

Пункт	Месяц						
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	май — август
Ленинград	2,86	1,56	1,28	1,39	1,69	1,98	1,58
Москва	3,03	1,42	1,41	1,47	1,51	1,90	1,54
Воронеж	2,00	1,27	1,00	0,85	0,96	0,84	0,98
Киев	2,20	1,10	1,40	1,40	1,00	1,10	1,20
Куйбышев	2,19	1,07	0,82	0,73	0,77	1,00	0,88
Волгоград	0,90	0,59	0,58	0,46	0,37	0,67	0,58
Астрахань	0,68	0,40	0,32	0,18	0,21	0,37	0,30
Днепропетровск	1,00	0,90	1,00	0,70	0,50	0,70	0,77
Крым	0,70	1,00	0,70	1,10	0,30	0,40	0,77
Ростов-на-Дону	1,25	0,83	0,90	0,76	0,44	0,63	0,71
Краснодар	1,66	0,85	1,09	0,82	0,46	1,26	0,90
Гори	1,80	1,40	1,00	0,50	0,40	0,70	0,82
Ленинкан	2,80	2,20	1,20	0,70	0,50	0,60	1,10
Алма-Ата	3,30	1,80	0,90	0,50	0,40	0,60	0,90
Фрунзе	2,10	0,80	0,50	0,20	0,20	0,90	0,52
Ташкент	1,21	0,45	0,16	0,05	0,01	0,07	0,14

В основу характеристики территории по увлажненности Д. И. Шашко положил соотношение осадков  $P$  и суммарного дефицита влажности воздуха или условной испаряемости  $f$  (возможного испарения):

$$K = P / \Sigma d \quad \text{или} \quad K = P / f,$$

где  $K$  — показатели увлажнения;  $\Sigma d$  — сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб;  $f$  — условная испаряемость,  $f = 0,45 \Sigma d$ .

Вычисленные по этим соотношениям показатели увлажнения  $K$  имеют следующие значения в зависимости от зоны: избыточно влажная —  $> 0,6$ ; влажная —  $0,45 \dots 0,6$ ; слабозасушливая —  $0,25 \dots 0,45$ ; засушливая —  $0,15 \dots 0,25$ ; сухая —  $0,15$ .

Зоны обеспеченности растений влагой (по Д. И. Шашко) показаны на рисунке 2.



## Глава 2. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ И ПОЧВЕННАЯ ГИДРОЛОГИЯ

### § 4. Элементы сельскохозяйственной гидрологии

Основной источник пресной воды на земной поверхности — атмосферные осадки. Они увлажняют почву, стекают с гор в долины, питают грунтовые воды. Огромное количество воды поступает в реки, а затем в моря и океаны. Вода с поверхности морей, океанов испаряется, в результате чего в атмосфере образуется огромное количество водяных паров, перемещающихся на материки. Благодаря конденсации и турбулентному перемещению водяных паров образуются дождевые облака и тучи, которые в областях пониженного давления дают повторные осадки. Такое движение воды называется круговоротом воды (табл. 4) в природе.

#### 4. Годовое количество воды, участвующее в круговороте, тыс. км<sup>3</sup>

Элемент водооборота	Океан	Суша	Вся планета
Испарение	449	62	511
Сток с суши в океан	—	37	—
Осадки	412	99	511

По данным А. А. Черкасова, в атмосфере в виде водяных паров содержится 12,3 тыс. км<sup>3</sup> воды. Достаточно постоянен и запас подземных вод. В пятикилометровой толще суши он составляет 49,5 млн. км<sup>3</sup> воды.

Схема круговорота воды в природе показана на рисунке 3. Несмотря на огромные массы водяных паров в толще атмосферы, количество выпадаемых осадков не везде одинаково. Это объясняется следующими причинами:

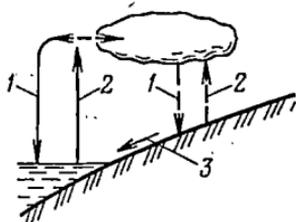


Рис. 3. Схема круговорота воды в природе:

1 — осадки; 2 — испарение;  
3 — сток с суши.

особенностью циркуляции водных паров в атмосфере. Несмотря на примерно одинаковое содержание водяных паров в атмосфере, на европейской территории СССР, где преобладает циклоническое (вертикальное) движение водяных паров, осадков выпадает значительно больше, чем на азиатской с антициклоническим (горизонтальным) движением;

крупными лесными массивами и полезащитными лесными полосами.

Они способствуют возрастанию вертикальных скоростей перемещения воздушных масс и выпадению осадков;

особенностями рельефа, а следовательно, разностью вертикальных отметок местности над уровнем моря. Крупные возвышенности и горные кряжи увеличивают шероховатость подстилающей поверхности, разности температурных градиентов и вертикальных скоростей движения воздуха и также способствуют выпадению осадков. Роль рельефа местности более ощутима в районах циклонического движения воздуха.

В горах Кавказа, Закавказья и Дальнего Востока количество осадков возрастает примерно на 20 % по отношению к осадкам над уровнем моря с увеличением высоты на каждые 100 м, в Крыму — на 14...15, в горных районах Казахстана — на 100 (это объясняется отсутствием в равнинных степях необходимых условий для конденсации водяных паров), на Украине — на 26 %.

Разницу в сумме годовых осадков в зависимости от высоты местности определяют по формуле П. И. Колоскова:

$$H_0 = H_h / (1 + k), \text{ откуда } H_h = H_0(1 + k),$$

где  $H_0$  и  $H_h$  — суммы осадков на уровне моря и на высоте  $h$ ;  $k$  — коэффициент, определяемый из наблюдений за увеличением осадков, %. Для Кавказа, Закавказья, Дальнего Востока  $k = 0,002$ , для Крыма  $k = 0,0015$ , для Украины  $k = 0,0026$ .

Сочетание лесных насаждений и полезащитных лесных полос, особенно в зоне циклонического перемещения водяных паров, может увеличить осадки на 10...15 %. Причем чем длиннее контур лесных насаждений, тем больше выпадает осадков.

Чтобы иметь представление о круговороте воды в природе, надо знать, из чего состоят основные элементы водного баланса суши и отдельно взятой территории. Элементы водного баланса следует определять для крупного речного бассейна (бассейн Оки, Волги и др.). В общем виде водный баланс суши выражается уравнением

$$O = E + \sigma,$$

где  $O$  — осадки, мм;  $E$  — испарение, мм;  $\sigma$  — поверхностный сток, мм.

Для отдельного участка земли или замкнутого водного бассейна это уравнение можно записать в виде

$$O = (E + \sigma) \pm W_{г.в.},$$

где  $W_{г.в.}$  — изменение запаса подземных вод (подпитывание или сброс воды в грунтовые воды), мм.

Если принять, что испаряется только вода, попавшая в почву от осадков, то между значениями  $E$  и  $W$  (количество воды, погло-

щенное почвой в зоне аэрации) можно с известным допущением поставить знак равенства:  $E = W$ .

Тогда уравнение водного баланса отдельно взятой территории примет вид:

$$O = (W + \sigma) \pm W_{г.в.}$$

Общее количество переносимой влаги над европейской территорией СССР за год составляет  $8507 \text{ км}^3$ , что примерно в 3 раза больше количества осадков, выпадающих на этой же территории. Суммарное годовое испарение, благодаря которому пополняются запасы атмосферной влаги, составляет здесь около 26 % общего количества воды, переносимой воздухом. Из этого огромного количества влаги ( $8507 \text{ км}^3$ ) с речным стоком уходит лишь  $928 \text{ км}^3$ , или около 11 %, остальная часть влаги ( $7579 \text{ км}^3$ , или 89 %) уносится за пределы европейской территории СССР, главным образом в восточном направлении.

Роль испарения как фактора, способного значительно увеличить содержание водяных паров в атмосфере и тем самым изменить климат засушливых степей юго-востока благодаря водохозяйственным мероприятиям (устройство прудов и крупных водохранилищ), невелика, так как количество влаги, получаемое от испарения с суши, мало по сравнению с объемом водяных паров, проносимых над континентом.

## § 5. Распределение осадков по территории СССР

Роль осадков, с гидрологической и сельскохозяйственной точки зрения, очень велика. Они составляют не менее 30...40 %, а в отдельные годы — 60...70 % общего водопотребления растений. По отдельным периодам года, а также фазам и периодам роста растений осадки распределяются неодинаково. Наибольшее количество их выпадает в районах Центрального Кавказа. Среднегодовая сумма осадков, например, в Батуми составляет 2700 мм, а во влажные годы — 4000 мм. В Ташкенте среднемноголетнее количество осадков не превышает 350 мм, а в сухие годы — 100...150 мм. Больше всего осадков выпадает в летний и весенний периоды. Но летние осадки обычно носят грозовой характер, и основное их количество расходуется на сток и испарение.

Помимо распределения осадков по временам года и периодам вегетации сельскохозяйственных культур, с гидрологической точки зрения, важно знать и характер их выпадения. Осадки интенсивностью 0,5 мм/мин и более называются *ливнями*. Ливневые осадки выпадают на ограниченных участках и оказывают большое влияние на поверхностный сток, эрозию почвы и водо-

носность рек. С повышением продолжительности выпадения дождя интенсивность ливня снижается.

Связь между интенсивностью дождя и её продолжительностью определяется следующей формулой (П. Ф. Горбачев):

$$i = a/t^{0.5},$$

где  $i$  — интенсивность дождя, мм/мин;  $t$  — продолжительность дождя, мин;  $a$  — числовой показатель силы дождя, характеризующий связь между интенсивностью  $i$  и продолжительностью  $t$  дождя;

$$a = i\sqrt{t}; \quad h = a\sqrt{t}; \quad a = \sqrt{hi},$$

$h$  — осадки, мм.

Мелкие дожди без стока воды характеризуются значением  $a \leq 1$ , большие проливные —  $a = 5,1 \dots 7$ , тропические, ураганные —  $a = 16,1 \dots 35$ . В равнинных районах СССР значение  $a \leq 12$ .

## § 6. Испарение

Сезонное и годовое испарение изменяется по районам и зонам. В северных районах оно меньше, чем в южных.

При определении объемов испарившейся воды различают испарение и испаряемость. *Испарение*  $E$  — это фактический общий, или суммарный, расход воды в конкретных почвенно-климатических условиях на территории, занятой полевыми или лесными культурами. *Испаряемость*  $E_0$  — это максимально возможное (потенциальное) общее испарение при неограниченных запасах влаги на испаряющей поверхности. Значение испарения находят по формулам В. К. Давыдова, Б. Д. Зайкова, Н. Н. Иванова, С. Н. Крицкого, М. Ф. Менкеля и других, а также по готовым картам испарения, составленным Б. Д. Зайковым для малых бассейнов (20 м<sup>2</sup>) и А. П. Браславским и З. А. Викулиной для водохранилищ среднего размера.

Значение испаряемости с водной поверхности обычно ниже, чем значение испаряемости, вычисленное по дефициту влажности воздуха. На хорошо увлажненной почве

$$E_0 = ad^n,$$

где  $d$  — суточный дефицит влажности воздуха, мм;  $a$  — период наблюдений, сут;  $n$  — понижающий коэффициент,  $n < 1$  (0,78...0,8).

Для небольших водоемов и речных водохранилищ (формула В. К. Давыдова)

$E_0 = 1,5 D^{0.8} (1 - 0,125 W)$   
 QARXONDARYO YER OYATLAXE SVQVU  
 SURXONDARYO YER OYATLAXE SVQVU  
 SURXONDARYO YER OYATLAXE SVQVU

где  $D$  — среднемесячный дефицит влажности воздуха, мм;  $W$  — среднемесячная скорость ветра, м/сек №

27903

Сурхондарьинская область  
 Библиотечка  
 Гормеза

17

Месячную испаряемость без учета скорости ветра определяют по упрощенной формуле В. К. Давыдова

$$E_0 = 24,5D^{0,8}$$

Месячная испаряемость (по Б. Д. Зайкову)

$$E_0 = 0,2n(e_0 - e_{200})(1 + 0,85W_{100}),$$

где  $n$  — число суток в месяце;  $e_0$  — упругость насыщенного водяного пара, рассчитанная по температуре воды;  $e_{200}$  — то же, на высоте 200 см над поверхностью воды;  $W_{100}$  — среднемесячная скорость ветра на высоте 100 см.

Месячная и суточная испаряемость (по Н. Н. Иванову)

$$E_{0, \text{мес}} = 0,0018(25 + t)^2(100 - \alpha) \quad \text{и}$$

$$E_{0, \text{сут}} = 0,00006(25 + t)^2(100 - \alpha),$$

где  $t$  — среднемесячная температура воздуха, °С;  $\alpha$  — среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Испаряемость с обнаженного торфяника (по А. И. Ивицкому)

$$e = \frac{(\varepsilon - f)(1 + 0,1W)}{2,718t},$$

где  $(\varepsilon - f)$  — суточный дефицит влажности воздуха, мм;  $W$  — скорость ветра, м/с;  $t$  — глубина залегания уровня грунтовых вод, м.

Значение испарения зависит от количества осадков и геоморфологических условий суши, от вместимости водоема, температуры воздуха, ветра, солености воды (чем она больше, тем меньше испарение), от относительной влажности воздуха, то есть от дефицита насыщения атмосферы водяными парами, вида выращиваемой культуры и изменяется не только по годам, но и по отдельным месяцам (табл. 5).

При оптимальном режиме увлажнения почвы (75...80 % НВ) наибольшим испарением обладают культуры с длительным периодом вегетации, густым стеблестоем и мощно развитой корневой системой: озимые колосовые (рожь, пшеница), рис, сахарная свекла, люцерна, луговые травы и др.

Разница между потенциальным испарением  $E_0$  и фактическим  $E$  представляет дефицит испарения  $\Delta E$ :

$$\Delta E = E_0 - E.$$

При определении возможного суммарного испарения необходимо знать коэффициент испаряемости:

$$K = E/E_0.$$

Для районов европейской территории СССР значение естественного коэффициента испаряемости изменяется в зависимости

5. Среднемесячное и годовое испарение с поверхности суши в различных пунктах СССР  
(по данным А. Р. Константинова)

Пункт	Месяц												За год				
	апрель		май		июнь		июль		август		сентябрь		октябрь		апрель — сентябрь		
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	
Минск	52	10,7	75	15,5	87	17,9	80	16,4	61	12,3	35	7,2	31	6,4	390	80	486
Вильнюс	55	10,6	75	14,5	82	15,9	80	15,4	62	12,0	42	8,1	35	6,8	396	77	517
Вологда	30	7,9	64	16,8	84	22,2	76	20,0	54	14,2	26	6,8	21	5,5	334	88	380
Москва	49	11,3	70	16,1	84	19,3	79	18,2	60	13,8	34	7,8	24	5,5	376	86	435
Воронеж	52	11,4	74	16,0	80	17,3	81	17,5	65	14,1	43	9,3	29	6,3	395	85	462
Безенчук	41	10,1	67	16,6	72	17,8	70	17,3	60	14,8	40	9,9	24	5,9	350	86	405
Ершов	60	14,4	68	16,3	54	13,0	68	16,3	62	14,9	48	11,5	19	4,6	360	86	417
Оренбург	36	9,1	67	16,9	69	17,6	71	17,9	63	15,9	41	10,5	23	5,8	347	88	395
Камышин	52	11,9	65	14,8	70	16,0	69	15,9	59	13,6	45	10,3	28	6,4	360	82	438
Гурьев	63	12,0	78	14,8	57	11,0	84	16,0	84	16,0	63	12,0	28	5,3	429	81	526
Ворошиловград	57	10,4	76	13,9	78	14,3	79	14,5	70	12,8	51	9,4	36	6,6	411	77	546
Котельниково	60	11,2	77	14,3	74	13,6	79	14,6	70	13,0	56	10,4	39	7,3	416	77	538
Персиановка	60	10,4	83	14,1	86	14,7	85	14,5	73	12,4	57	9,6	41	7,0	444	75	587
Тихорецк	65	10,0	85	13,0	91	13,9	91	14,5	82	12,6	65	10,0	51	7,8	482	74	682
Кишинев	60	10,0	79	13,2	80	13,3	83	13,8	74	12,3	61	10,0	44	7,4	435	73	600
Киев	56	11,0	77	15,1	82	16,1	80	13,6	70	13,6	50	9,9	36	7,1	405	80	510
Харьков	55	10,8	73	14,3	83	16,3	82	16,1	67	13,1	48	9,4	32	6,3	408	80	509
Херсон	44	10,5	42	10,0	56	13,3	60	14,3	54	12,9	45	10,7	37	9,0	301	71	420
Уральск	39	10,4	69	18,1	63	16,6	67	17,6	55	14,5	36	9,5	24	6,3	329	86	380
Тюмень	33	8,3	66	16,4	84	20,9	81	20,2	60	14,9	32	8,0	16	4,0	366	91	401
Барнаул	31	8,5	61	16,3	74	19,8	82	22,0	64	17,1	32	8,6	18	4,8	344	92	374
Барабинск	23	6,4	65	17,7	82	22,5	80	21,9	60	16,6	30	8,4	15	4,4	340	93	365
Хабаровск	31	7,0	66	14,6	89	19,8	93	20,6	75	16,6	51	11,5	22	4,9	405	90	451
Якутск	10	3,9	45	17,8	69	27,1	70	27,4	48	18,8	11	4,3	2	0,8	253	99	255

от зоны, сельскохозяйственной культуры и года. В районах Черноземной зоны СССР, где выпадает много осадков, много болот и почва влажная, а культуры имеют хорошо развитый стеблестой, коэффициент испаряемости составляет 0,7...0,9. В засушливых районах он равен 0,3...0,5. Но при орошении в этих районах значение его возрастает, например, для зерновых колосовых до 0,6...0,7, для овощных и пропашных — до 0,7...0,8, для многолетних трав — до 0,8...0,9, для риса — до 0,9...1.

Зная значения испаряемости  $E_0$  и коэффициента испаряемости  $K$ , можно определить суммарное испарение, то есть расход воды на транспирацию и испарение той или другой культуры.

*Пример.* Допустим  $E_0=800$  мм. Для яровой пшеницы  $K=0,6$ . Требуется определить суммарное испарение яровой пшеницы  $E$ :

$$E=800 \cdot 0,6=480 \text{ мм.}$$

Средние бытовые значения коэффициента испаряемости для западных и центральных пунктов за май — октябрь, для южных пунктов СССР за апрель — сентябрь приведены в таблице 6.

#### 6. Средние значения испаряемости и испарения для различных пунктов СССР

Пункт	Испаряемость $E_0$ , мм	Испарение $E$ , мм	Коэффициент испаряемости $K$
Минск	490	427	0,87
Могилев	500	439	0,87
Мозырь	547	421	0,77
Пинск	545	416	0,76
Гомель	545	422	0,77
Москва	677	376	0,55
Киев	732	405	0,55
Воронеж	829	395	0,47
Безенчук	800	350	0,43
Харьков	959	408	0,43
Саратов	890	370	0,41
Ростов-на-Дону	1120	444	0,40
Ворошиловград	1068	411	0,38
Ершов	952	360	0,32
Астрахань	1240	420	0,34
Пахта-Арал	1100	450	0,41

Кроме испарения и испаряемости, при водохозяйственных расчетах используют и такие характеристики, как дефицит увлажнения  $E_d$  и коэффициент дефицита увлажнения  $K_d$ :

$$E_d = E_0 - O; \quad K_d = E_d / E_0; \quad E_d = K_d E_0,$$

где  $E_d$  — дефицит увлажнения, мм;  $E_0$  — испаряемость, мм;  $O$  — осадки, мм.

**7. Средние значения дефицитов и коэффициентов увлажнения за апрель — сентябрь для различных пунктов СССР**

Пункт	Дефицит увлажнения $E_d$ , мм	Коэффициент дефицита увлажнения $K_d$	Пункт	Дефицит увлажнения $E_d$ , мм	Коэффициент дефицита увлажнения $K_d$
Минск	170	0,30	Херсон	610	0,75
Ленинград	207	0,37	Ворошиловград	613	0,70
Смоленск	252	0,38	Тирасполь	510	0,68
Москва	294	0,44	Гори	608	0,76
Киев	342	0,47	Джафархан	882	0,89
Воронеж	459	0,61	Чарджоу	1155	0,97
Саратов	580	0,73	Карши	1140	0,95
Волгоград	682	0,80	Пахта-Арал	1027	0,93
Астрахань	880	0,88	Джамбул	820	0,86
Ростов-на-Дону	690	0,72	Рубцовск	510	0,73
Ставрополь	520	0,56	Абакан	414	0,57
Краснодар	626	0,68	Биробиджан	325	0,36

Если пренебречь количеством воды, расходуемой культурой из почвы, то для засушливых районов дефицит увлажнения  $E_d$  будет отображать в известной мере тот недостаток воды, который должен быть дан культуре за период вегетации, то есть оросительную норму. Следовательно, дефицит увлажнения или испаряемости можно использовать для предварительных расчетов оросительных норм с учетом оптимального увлажнения почвы под культурой (не ниже 75...80 % НВ).

Дефицит увлажнения, так же как и испаряемость и осадки, изменяется по районам и годам (табл. 7).

**§ 7. Объем, коэффициент и модуль поверхностного стока**

Поверхностный сток воды зависит от времени года. Он может быть весенним, летним, осенним и среднегодовым. В районах европейской территории СССР наибольший поверхностный сток наблюдают весной, в период таяния снега, а в районах Средней Азии и Закавказья — в период таяния ледников.

Под *объемом стока* подразумевается количество воды ( $m^3$ ), которое стекает с водосборной площади. Чтобы получить объем стока с 1 га, надо общий объем стока  $W$  ( $m^3$ ) разделить на площадь водосбора, то есть площадь, с которой стекает вода,  $F$  (га):

$$h = W/F; \quad W = hF.$$

На существующих гидрологических картах сток дают в виде слоя воды  $h$  (мм). Для перевода слоя воды в объемные единицы надо значение  $h$ , взятое в мм, умножить на 10. Переводной коэффициент получают умножением слоя воды 1 мм на площадь 1 га, выраженную в  $\text{м}^2$ , то есть  $0,001 \cdot 10\,000 = 10 \text{ м}^3$ .

*Пример.* Допустим, по гидрологической карте среднемноголетний сток  $h=30$  мм. Тогда с водосборной площади  $F=3000$  га объем стока составит:

$$W = 10hF = 10 \cdot 30 \cdot 3000 = 900\,000 \text{ м}^3.$$

Коэффициент стока  $\alpha$  получают делением объема стока  $W$  ( $\text{м}^3$ ) на количество осадков  $O$  в тех же единицах измерения:

$$\alpha = W/O; \quad W = \alpha O.$$

Коэффициент инфильтрации, или поглощения осадков почвой,  $\beta$  определяют делением объема поглощенной воды  $W_n$  ( $\text{м}^3$ ) на количество осадков  $O$  в тех же единицах измерения:

$$\beta = W_n/O; \quad W_n = \beta O.$$

Зная коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , можно определить  $W$  и  $W_n$ :

$$W = O(1 - \alpha) \text{ и } W_n = O(1 - \beta).$$

*Пример.* Допустим  $\alpha=0,4$ ,  $\beta=0,6$ ,  $O=300$  мм. Требуется определить  $W$  и  $W_n$ .

$$W = 300(1 - 0,4) = 180 \text{ мм, или } 1800 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$W_n = 300(1 - 0,6) = 120 \text{ мм, или } 1200 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Значения коэффициентов поверхностного стока и инфильтрации зависят от почвенных условий (водопроницаемые, пологие склоны, пашня — 0,3...0,4; средневодопроницаемые, легкие склоны, луга — 0,4...0,5; с водопроницаемостью ниже средней, лесистые склоны — 0,5...0,65; маловодопроницаемые крутые склоны — 0,65...0,8; весенний сток по мерзлой почве — 0,8...0,95), уклона местности и др.

Сумма  $\alpha + \beta = 1$ , но в пределах этого равенства каждый коэффициент может изменяться от 0 до 1, в зависимости от многих факторов. Соотношение  $\alpha$  и  $\beta$  непрерывно меняется на протяжении одного весеннего паводка или ливневого дождя. В целях большего накопления влаги на полях надо стремиться, чтобы значение коэффициента  $\beta$  приближалось к 1, а коэффициента  $\alpha$  соответственно уменьшалось.

По данным исследований И. П. Сухарева в Воронежской области значения коэффициента поверхностного стока и коэффициента инфильтрации изменялись в значительных пределах в зависимости от состояния поверхности и характера обработки почвы (табл. 8). Лесные полосы на полях уменьшают сток талых вод и увеличивают коэффициент впитывания воды в почву (табл. 9).

### 8. Запасы воды в снеге, сток, коэффициенты стока и инфильтрации (средние данные за 9 лет)

Характер обработки и состояние поверхности почвы	Запас воды в снеге перед снеготаянием, мм	Сток, мм	Коэффициент	
			стока	инфильтрации
<b>Зябь:</b>				
старая пашня	78,0	31,4	0,40	0,60
оборот травяного пласта	61,2	9,0	0,14	0,86
травяной пласт	95,0	4,0	0,04	0,96
<b>Озимые</b>				
Многолетние травы	102,0	85,0	0,83	0,17
Стерня (жнивье)	98,0	58,0	0,60	0,40
Лесная полоса	103,0	60,0	0,58	0,42
Степь:	204,0	18,0	0,08	0,92
выпасаемая	98,0	56,0	0,57	0,43
выкашиваемая (невыпасаемая)	80,0	39,0	0,49	0,51
невыкашиваемая (заповедник)	128,0	0,10	0	1,00

### 9. Влияние лесных полос на сток талых вод (средние данные за 17 лет)

Балка водосбора	Облесенность водосборов, %	Запасы воды в снеге весной, мм	Сток талых вод, мм	Коэффициент	
				стока	инфильтрации
Осиновая	0	77,3	52,0	0,67	0,33
Озерки	3,6	83,5	30,4	0,36	0,64
Лесная	6,0	88,0	23,5	0,27	0,73
Селекцентр	18,0	108,5	14,2	0,13	0,87

Иссушенная почва обладает высокой инфильтрационной способностью, а сильно увлажненная — имеет высокий коэффициент стока. Коэффициент стока талых вод возрастает с увеличением глубины промерзания почвы, влажности ее верхнего слоя, при образовании на поверхности почвы ледяной корки.

Значение стока в летний период (табл. 10) обычно в несколько раз ниже, чем в весенний, при прохождении весенних паводков. На черноземах центрально-черноземных областей летом даже при ливневых дождях большой интенсивности сток возникает только при осадках более 50...75 мм. На участках же с поперечной зяблевой пахотой даже при осадках 200 мм сток не наблюдается.

При выпадении повторных дождей, когда верхние горизонты почвы имеют повышенную влажность и заплывают, ливневый сток на большинстве сельскохозяйственных угодий появляется уже при слое дождя 10...20 мм.

**10. Значение летнего стока (мм) при интенсивности дождя 2,7 мм/мин (данные исследований И. П. Сухарева в Воронежской области)**

Осадки, мм	Целина (степь выпасаемая)	Многолетние травы 1-го года	Стерня озимой пшеницы
50	0,51	0,05	—
75	2,60	0,60	—
100	9,70	0,80	0,004
150	15,40	11,90	2,400
200	19,00	20,00	9,200
240	21,00	44,50	15,600
243	—	47,00	27,600

По данным Поволжской агрометеорологической станции, в летний период на каштановых почвах, вспаханных поперек склона, при осадках 10; 30; 50 мм коэффициент поглощения осадков был высоким, а коэффициент стока малым (0,0066; 0,008 и 0,18). На черноземах Воронежской области при осадках 50 мм поверхностный сток наблюдался только на целине и люцерне 1-го года, на других сельскохозяйственных угодьях при осадках менее 100 мм интенсивностью 2,7 мм/мин почва впитывала всю воду.

По данным гидрологической группы Института леса АН СССР, на выщелоченных черноземах Орловской области инфильтрация летних осадков в 1,5 раза, а на обыкновенных черноземах Воронежской области в 2 раза выше, чем на каштановых почвах Заволжья. В первые 20...30 мин на обыкновенных черноземах Воронежской области инфильтрация составляет 90...54 %, а сток возрастает до 74 %.

Коэффициент инфильтрации также зависит от вида возделываемой культуры. В летний период на посевах зерновых по сравнению с черным паром поглощается осадков больше на 15...30 %.

*Модуль поверхностного стока  $q$*  характеризует расход воды. Для определения  $q$  необходимо знать общий расход воды поверхностного стока  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$  или л/с) и площадь водосбора  $F$  (га):

$$q = Q/F.$$

Расход воды  $Q$  можно получить непосредственно по данным ближайшего гидрометеопоста или расчетом, зная объем стока  $W$  ( $\text{м}^3$ ) и его продолжительность  $t$  (сут):

$$Q = 1000 W / (86400t) = W / (86,4t).$$

Модуль поверхностного стока вычисляют по общей площади водосбора какой-нибудь балки или реки. Часто его определяют на элементарных гидрологических площадках (1 га и более). Их размещают на территории водосбора в зависимости от почвенных условий, уклона местности и вида травянистой и дре-

весной растительности, длинной стороной вдоль склона. Желательная длина таких площадок при однородном уклоне 100...200 м, ширина — не менее 50 м. Со всех сторон площадку обваловывают земляными валами высотой 0,4...0,5 м. Со стороны нижнего вала устраивают стенку с отверстием для учета весенних талых или летних ливневых вод. Расход воды (л/с) учитывают водосливом-водомером трапецеидального сечения.

На этих же площадках можно определять объемы стока и поглощения почвой влаги.

Объем ( $m^3$ ) стока:

$$W = Qt/1000,$$

где  $Q$  — расход воды с элементарных площадок, л/с (он очень динамичен);  $t$  — время, за которое наблюдается расход  $Q$ , с.

Объем воды, поглощаемой почвой, устанавливают до снеготаяния (в слое мощностью не менее 1...2 м) и после снеготаяния или ливня (на глубину промачивания).

### Глава 3. ВЛАГА В ПОЧВЕ

#### § 8. Состояние влаги в почве

Влага размещается в порах и движется по ним, обволакивая или обтекая твердые частицы почвы. Поэтому, чтобы судить о количестве влаги и ее передвижении в почве, необходимо знать скважность, или пористость, почвы  $P$ , то есть суммарный объем пор, находящихся в  $1 \text{ см}^3$  естественно сложенной почвы.

Пористость зависит от генезиса почвы, ее геологического возраста, испытываемого ею давления и характера сельскохозяйственной обработки. Ее определяют по формуле

$$P = 1 - \alpha/\beta,$$

где  $\alpha$  — плотность почвы,  $\text{г/см}^3$ ;  $\beta$  — плотность твердой фазы почвы,  $\text{г/см}^3$ .

Плотность твердой фазы почвы зависит от ее минералогического состава. Так, значение  $\alpha$  для минеральных почв составляет 2,4...2,75  $\text{г/см}^3$  (в среднем 2,65  $\text{г/см}^3$ ), для торфа — 1...2  $\text{г/см}^3$ , в зависимости от состава торфообразующих растений, зольности и степени разложения торфа. Значение  $\alpha$  для минеральных почв изменяется от 1,75 до 0,9  $\text{г/см}^3$ , а торфа — от 1,5 до 1  $\text{г/см}^3$  (и менее).

Размер и форма пор различны даже в одной и той же почвенной разности. Поперечные размеры почвенных пор составляют доли миллиметра. В торфяных и глинистых почвогрунтах

мелкие поры чередуются с относительно крупными. В песчаных почвогрунтах, где частицы представлены преимущественно округлыми, выпуклыми зернами, поры имеют примерно одинаковый размер и крупнее, чем в глинистых и суглинистых почвогрунтах.

Размер и форму почвенных пор определить очень трудно. Поэтому скважность почвы находят опытным путем. При определении же режима почвенной влаги изучают гранулометрический состав почвы. А в мелиорации чаще всего используют данные ее агрегатного состава.

Водные свойства почвы зависят от ее механического и агрегатного составов.

Силы, действующие на почвенную влагу, выражаются термодинамическим потенциалом, то есть суммой потенциалов: гравитационного осмотического, капиллярно-сорбционного и пневматического (воздушно-газового давления). Когда почва полностью насыщена влагой и в водном растворе нет солей, потенциал почвенной влаги равен нулю.

Вода в почве находится в следующих формах и состояниях: химически связанная; физически связанная — прочносвязанная, рыхлосвязанная, в твердом виде; парообразная; капиллярная — стыковая, четочная; подвешенная и подпорная; поступательно движущаяся; гравитационная; грунтовая (безнапорная и напорная).

*Химически связанная вода* входит в состав ряда веществ почвы, не принимает участие в физических процессах почвы и не испаряется при температуре 100 °С. Она подразделяется на конституционную, которая является компонентом химического состава минералов, и кристаллизационную, входящую в виде отдельных молекул в кристаллическую структуру веществ.

*Физически связанная вода* делится на гигроскопическую и пленочную.

Способность почвы адсорбировать пары воды из воздуха называется *гигроскопичностью*, а влага, поглощенная поверхностью частицы почвы, *гигроскопической*.

Количество воды, адсорбированное почвенной частицей, прямо пропорционально суммарной поверхности частицы и относительной влажности воздуха в почве. Чем больше почва насыщена водяными парами, тем больше влаги способна удерживать почвенная частица. При повышении температуры почвы количество гигроскопической воды в ней уменьшается.

Максимальное количество воды, поглощенное почвой из воздуха, насыщенного парами воды, называется *максимальной гигроскопичностью*.

Гигроскопическая влага передвигается в почве только при переходе в парообразное состояние. Она не растворяет соли, не вызывает набухания почвы.

Содержание гигроскопической влаги в разных почвах различно (% массы абсолютно сухой почвы): в песчаной — 0,5...1,5; в легкосуглинистой — 1,5...3; в среднесуглинистой — 2,5...4; в глинистой — 6...8; в торфяной — 18...22.

Максимальную гигроскопичность определяют в лабораторных условиях путем длительного (десять суток) насыщения навески почвы парами воды. Навеску почвы помещают в эксикатор над 10 %-ным раствором  $H_2SO_4$  (по Матчерлиху) или над насыщенным раствором  $K_2SO_4$  (по Николаеву) при относительной влажности воздуха 94 %.

Максимальная гигроскопичность — важнейшая водно-физическая константа почвы, так как по ней определяют влажность завядания растений (ВЗ).

Принято считать, что растения могут поглощать количество воды, примерно в 1,5 раза превышающее значение максимальной гигроскопичности. При меньшей влажности они вянут.

Влажность завядания растений на легкосуглинистых почвах составляет 3...6 %, на суглинистых — 6...12, на черноземах, супесчаных и легкосупесчаных — 4...8, на средне- и тяжелосуглинистых — 9...15, на глинистых — до 15...20 % массы абсолютно сухой почвы.

Доступная растениям, или продуктивная, влага находится в интервале от наименьшей влагоемкости до влажности завядания.

*Пленочная вода* удерживается вокруг твердой частицы почвы молекулярными силами (с меньшей силой, чем гигроскопическая). Содержание ее даже в одной и той же почве изменяется в зависимости от механического состава, количества перегноя и концентрации почвенного раствора. Плотность и вязкость пленочной воды несколько выше, чем свободной. Перемещается она под действием градиента молекулярных сил. Количество пленочной влаги в почве приблизительно равно двойной гигроскопичности.

*Вода в твердом состоянии*, или лед, содержится в почве при отрицательной температуре. Лед пластичен. Ледяные кристаллы раздвигают почвенные частицы и в то же время склеивают их. При этом образуются почвенная мерзлота и подпочвенный лед.

Замерзшая вода в почвенных пустотах, особенно в глинистых почвах, вызывает изменение плотности почвенной массы.

*Парообразная вода* содержится в почве (не более 0,001 % массы) при любой влажности, занимая поры, свободные от ка-

пельно-жидкой воды. Роль ее в перераспределении влаги в толще почвы велика. Передвижение парообразной воды при одинаковой температуре почвы происходит из слоев, более насыщенных парами воды, в слои, менее насыщенные. При разной температуре слоев почвы она движется из слоя с более высокой температурой и упругостью пара в слой с более низкой температурой.

Из верхних слоев почвы парообразная вода может выдвигаться ветром и вытесняться водой, просачивающейся при выпадении дождей и таянии снега. При конденсации парообразная влага переходит в капельно-жидкое состояние. При непрерывном охлаждении почвы происходит накопление влаги в этих слоях в результате термической конденсации; накопившаяся влага при низких температурах (ниже нуля) превращается в лед. Когда упругость паров воды в атмосфере выше, чем в поверхностных слоях почвы, парообразная влага атмосферы проникает в почву, и в результате конденсации паров увеличивается влажность почвы.

В течение суток и по сезонам года давление водяных паров в почве непрерывно меняется. Летом в ночное время при охлаждении верхних слоев почвы водяные пары могут перемещаться из нижних, более теплых слоев в верхние, охлажденные. На поверхности структурных агрегатов почвы этих слоев водяные пары конденсируются и переходят в капельно-жидкое состояние. Это явление получило название *подземной росы*. В дневное время при нагревании верхних слоев почвы пары воды перемещаются сверху вниз и в глубоких слоях почвы сгущаются на поверхности почвенных частиц.

Зимой парообразная вода передвигается из нижних горизонтов почвы в верхние, вследствие чего к началу вегетационного периода заметно увеличивается влажность корнеобитаемого слоя почвы.

Конденсация водяных паров, наблюдаемая на глубине до 2 м, имеет большое практическое значение в улучшении водного режима почв, особенно для аридных областей, где в ночное время она достигает 8 мм и более.

Движение парообразной влаги из почвы в атмосферу составляет основную долю испарения воды из почвы.

*Капиллярная вода* насыщает капилляры почвы, соприкасающейся со свободной водной поверхностью. Она удерживается в почве силой водных менисков, неоднородна по физическим свойствам, замерзает при температуре тем ниже, чем меньше диаметр пор почвы (в порах диаметром 0,006 мм при температуре — 18,5 °С). Внутрипочвенное движение воды в порах под действием менисковых сил называют *капиллярным*.

Скорость движения воды по почвенным капиллярам тем вы-

ше, чем больше диаметр капиллярных пор. Высота же капиллярного поднятия тем больше, чем меньше диаметр пор почвы, но до известного предела.

Поднятие воды по почвенным капиллярам аналогично поднятию ее в капиллярных трубках, причем верхняя грань поднятого столба воды образует вогнутую к центру криволинейную поверхность, называемую *мениском*. Капиллярное поднятие воды совершается под действием поверхностного натяжения  $\sigma$ .

Вода в капилляре будет подниматься до такой высоты  $h_{\max}$ , при которой масса поднятого столба воды уравнивает поверхностное натяжение менисков.

В круглой стеклянной капиллярной трубке высота капиллярного поднятия

$$h_{\max} = \frac{\sigma}{\gamma} \cdot \frac{2}{r},$$

где  $\gamma$  — масса 1 см<sup>3</sup> воды, г;  $r$  — радиус капилляра, см.

Высоту (см) капиллярного поднятия воды в почве вычисляют по формуле Жюрена:

$$H = 0,3/d,$$

где  $d$  — диаметр капилляра, см.

Высота капиллярного поднятия у суглинистых почв больше, чем у песчаных, но в иллювиальных горизонтах тяжелых глин капиллярное поднятие воды не происходит из-за очень малого диаметра пор и большого трения.

Высота капиллярного поднятия для песка (кварцевый) — 18...22 см, супеси — 100...150, суглинка — 150...300, тяжелого суглинка — 300...400, лесса — 250...350, торфа — 50...80 см.

В песчаных почвах наибольшая высота капиллярного поднятия достигается через несколько часов, в суглинистых и глинистых почвогрунтах — через несколько месяцев и даже лет.

*Гравитационная вода* перемещается в почве под действием собственного веса. Это перемещение возникает при полной влагоемкости, когда все поры почвы заполнены водой: после дождей, поливов, таяния снега и почвенной мерзлоты, а также при освобождении некоторой части капиллярной воды из-под воздействия удерживающих ее менисковых сил (при резком изменении атмосферного давления, увеличении размеров пор, в результате понижения температуры почвы и других причин).

Гравитационная вода доступна растениям, но использование ее несколько ограничено вследствие большой подвижности.

Движение гравитационной воды называется *фильтрацией* и подчиняется закону Дарси:

$$q = Kh/l = Ki,$$

где  $q$  — количество воды, проходящее через  $1 \text{ см}^2$  поперечного сечения почвы за  $1 \text{ с}$ ,  $\text{см}^3$ ;  $h$  — разность уровней воды в начале и конце пути фильтрации,  $\text{см}$ ;  $l$  — длина пути фильтрации,  $\text{см}$ ;  $i$  — гидравлический уклон потока воды,  $i = h/l$ ;  $K$  — коэффициент фильтрации,  $\text{см}/\text{с}$ .

Коэффициент фильтрации в лабораторных условиях определяют прибором Дарси — Тима. В него помещают монолит почвы. Промежутки между монолитом и стенками прибора заливают смолой. Монолит удерживается сеткой. Снизу к прибору прикрепляют кожух с отводной гибкой трубкой, в которую над почвенным монолитом наливают слой воды, поддерживая его постоянным (рис. 4) Вода проходит через монолит и через трубку стекает в сосуд. При этом измеряют напор  $h$  и путь (длину) фильтрации  $l$ , площадь поперечного сечения монолита  $F$  ( $\text{см}^2$ ) и количество воды  $Q$  ( $\text{м}^3$ ), поступающее в сосуд за время  $T$  (с). Тогда  $q = Q/FT$  или  $K = ql/h$ .

Коэффициент фильтрации  $K$  зависит от скважности, диаметра частиц почвы и температуры воды. С повышением температуры воды уменьшается ее вязкость и увеличивается коэффициент фильтрации.

Если фильтрация воды через почву продолжается долго, то значение  $K$  может меняться во времени. Это обуславливается тем, что при фильтрации из монолита почвы выносятся водорастворимые соли, почва диспергируется (становится мелкозернистой), частицы ее перемещаются, образуя слой иллювия, изменяется ход бактериальных процессов. В большинстве случаев коэффициент фильтрации со временем уменьшается. Увеличивается он тогда, когда из почвы сильной фильтрационной струей вымываются растворимые твердые частицы.

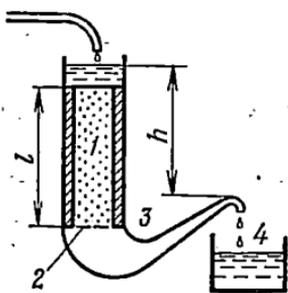


Рис. 4. Схема лабораторной установки для определения коэффициента фильтрации почвогрунта:

1 — почвенный монолит; 2 — сетка; 3 — отводная трубка; 4 — сосуд, в который стекает профильтрованная вода.

Коэффициент фильтрации для чистого песка равен  $1...0,01 \text{ см}/\text{с}$ , глинистого —  $0,01...0,0005$ , для супеси —  $0,005...0,003$ , суглинка —  $0,001...0,00005 \text{ см}/\text{с}$ .

Способность почвогрунтов, насыщенных водой, отдавать свободную воду называют *водоотдачей*, а отношение объема стекшей из почвогрунта воды (при полном заполнении пор водой) к объему почвогрунта — *коэффициентом водоотдачи*. Коэффициент водоотдачи (%)

$$\delta = W \cdot 100/V,$$

где  $W$  — объем стекшей из почвогрунта воды;  $\text{м}^3$ ,  $V$  — объем почвогрунта,  $\text{м}^3$ .

Для разных почвогрунтов значение  $\delta$  изменяется в следующих пределах: для песков — 10...20 %; супесей — 5...10; суглинков — 2...5; торфа — 5...7 %.

*Грунтовая вода* образуется в водоносном слое, лежащем на водоупорном (маловодопроницаемом). В вертикальном разрезе может встретиться несколько водоносных пластов, расположенных на нескольких водоупорных слоях. Грунтовая вода питается инфильтрационными водами осадков и водами, образующимися при конденсации паров в порах почвенных слоев.

От глубины залегания уровень грунтовых вод зависит увлажнение верхних слоев почвы.

На поверхность земли грунтовые воды выходят в виде сосредоточенного потока (ключ, родник) или широким слоем, медленно вытекают. Выходы грунтовых вод в виде ключей бывают обильными, достаточными для орошения, водоснабжения и питания водоемов. Ключи и родники иногда являются причиной заболачивания земель.

В водоносном слое, лежащем в котловине с водоупорным дном и кровлей из малопроницаемых грунтов, размещаются артезианские, или напорные, воды. Они питаются атмосферными и талыми водами, поступающими с поверхности земли. При бурении верхней кровли артезианского слоя вода из него поднимается по буровой скважине на некоторую высоту, достигая порой поверхности земли. Расход воды артезианских скважин может составлять 10...20 л/с. Такие скважины пригодны для орошения сельскохозяйственных культур и водоснабжения населенных пунктов.

## § 9. Влагоемкость почвы

*Влагоемкость (влагоудержание) почвы* — это ее способность вмещать или удерживать при определенных условиях некоторое количество влаги. Она зависит от влажности, пористости, температуры, степени окультуренности почвы, концентрации и состава почвенных растворов и др. С повышением температуры почвы и воздуха влагоемкость уменьшается (исключение — почвы, обогащенные перегноем). Влагоемкость меняется по генетическим горизонтам и высоте почвенной колонки.

Наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при условии полного заполнения всех пустот и пор, соответствует полной влагоемкости (ПВ). В количественном отношении полная влагоемкость (водовместимость) соответствует пористости почвы  $P$ . Зная пористость почвы  $P$  (% объема почвы) и ее плотность  $\alpha$  (г/см<sup>3</sup>), можно определить ПВ любого почвенного слоя:  $PВ = P/\alpha$  (% массы сухой почвы).

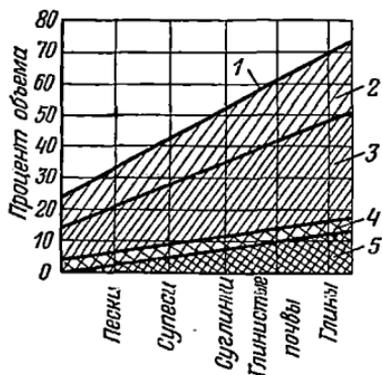


Рис. 5. Соотношение основных форм воды в почве в зависимости от механического состава:

1 — полная влагоемкость; 2 — гравитационная вода; 3 — капиллярная вода; 4 — коэффициент увядания; 5 — гигроскопическая вода.

Все поры почвы заполняются водой только при продолжительном насыщении. В большинстве же случаев без особых мер по удалению (выкачиванию) воздуха из почвы вода не вытесняет всего воздуха. Следовательно, объем воды, даже при полной влагоемкости, будет немного меньше объема пор. В почве остается часть заземленного воздуха.

Соотношение основных форм воды в почве в зависимости от механического состава почв представлено на рисунке 5 (Костяков, 1960).

*Наименьшая влагоемкость* — это количество влаги, прочно

удерживающееся в почве после полного свободного стекания гравитационной воды (ГОСТ 19179 — 73).

Наименьшая влагоемкость (% объема) для песчаных почв равна 4...6, для супесчаных — 6...15, для легкосуглинистых — 12...25, для суглинистых и глинистых — 25...35.

Когда влажность почвы снижается до 60...70 % НВ, нарушается сплошное капиллярное передвижение воды. Такое состояние влаги называется *влажностью разрыва капиллярной связи*. Эта влажность близка к влажности замедления роста растений (ВЗР) и соответствует нижнему пределу оптимальной влажности для роста и развития растений. ВЗР указывает на необходимость проведения полива.

## § 10. Расчет запасов воды в почве

Для определения запасов воды в слое почвы надо знать ее влажность и плотность.

Пусть толщина, или мощность, слоя почвы будет  $H$ , плотность —  $\alpha$  (г/см<sup>3</sup> или т/м<sup>3</sup>), влажность —  $\gamma$  (% массы сухой почвы). Слой почвы площадью 10 000 м<sup>2</sup> и мощностью  $H$  занимает объем  $V = 10\,000 H$ . Масса абсолютно сухой почвы этого слоя  $G = V\alpha = 10\,000 H\alpha$ . Масса воды в нем

$$W = G \frac{\gamma}{100} = 10\,000 \frac{H\alpha\gamma}{100} \text{ (т/га)},$$

или

$$W = 100 H\alpha\gamma \text{ (м}^3\text{/га)}.$$

## II. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

### Глава 4. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

#### § 11. Общие сведения об орошении

С технической точки зрения, орошение — это искусственное увлажнение почвы. Его применяют в том случае, если естественного увлажнения почвы осадками недостаточно для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Орошение обеспечивает наиболее благоприятные для произрастания растений водный, питательный, воздушный, тепловой, солевой и микробиологический режимы почв.

По воздействию на почву и растения орошение может быть: *увлажнительным*, когда в почве ощущается недостаток усвояемой влаги для растений. С этой целью воду из рек и водохранилищ по системе оросительных каналов и трубопроводов подают на поля, занятые культурой;

*удобрительным*, когда вместе с водой на поля подается необходимое количество растворенных в ней питательных веществ;

*утеплительным*, когда воду (весенние паводковые воды, термальные воды, поступающие с заводов, теплоцентралей, гейзеров) подают на поля, в теплицы, парники для согревания почвы;

*окислительным*, когда речную воду, обогащенную кислородом, подают на поля, луга и рисовые массивы, где почва бедна кислородом и где закисные соединения превалируют над окисными (орошение полыми водами пойменных лугов, дренаж и окисление тяжелых почв с близким рудяковым горизонтом);

*влагозарядковым*, или *запасным*, когда воду из рек и водохранилищ в осенний и зимний периоды подают на поля или многолетние насаждения (озимые, травы, сады, виноградники) для создания необходимых запасов влаги не только в верхнем (1 м), но и в более глубоких (2 м) слоях почвы. К этому виду орошения относится также подача воды в специальные скважины или фильтрующие каналы с целью повышения запасов грунтовых вод в подземных водохранилищах, используемых для орошения сельскохозяйственных культур;

*промывным*, когда воду подают на поля или отдельные участки для растворения и вымывания из корнеобитаемого слоя почвы вредных солей.

Любой вид орошения комплексно воздействует на почву, растения и окружающую среду. Так, орошение полый речной

водой не только увлажняет почву, но и изменяет ее термический режим, обогащает кислородом. Вместе с оросительной водой на поля поступает большое количество питательных веществ, улучшающих структуру и плодородие почвы. При больших поливных нормах из почвы вымываются вредные соединения солей.

По характеру и срокам применения орошение может быть нерегулярным и регулярным. К *нерегулярному*, или одноразовому, орошению относятся различные виды влагозарядковых поливов, в том числе и лиманное орошение. Как влагозарядковое, так и лиманное орошение применяют один раз в сезон: для создания запасов влаги в 1,5...2-метровом слое почвы. Влагозарядковое орошение проводят обычно осенью, лиманное — весной, когда стекают талые воды. Создание запасов влаги в почве в осенний или ранневесенний периоды под озимые культуры, ранние яровые, многолетние травы, сады и виноградники при соответствующей агротехнике — неперемнное условие получения не только высоких, но и устойчивых урожаев. При *регулярном* орошении воду на поля подают несколько раз за вегетационный период сельскохозяйственных культур. Поливы проводят в наиболее ответственные фазы роста и развития растений в сочетании с внесением минеральных удобрений. При регулярном орошении применяют не только влагозарядковые, но и вегетационные поливы, что позволяет получать урожаи в 2...3 раза выше, чем при нерегулярном.

Орошение может быть выборочным и сплошным. В тех районах, где водных ресурсов недостаточно и для орошения используют местный сток, поливают не все культуры (чаще всего кормовые, овощные, плодовые культуры и виноград). Такое орошение называют *выборочным*. В зоне крупных оросительных систем и гидроузлов хозяйства имеют возможность орошать большие территории. Такое орошение называют *сплошным*.

В основе применения выборочного и сплошного орошения лежат не только почвенно-климатические особенности района расположения хозяйства, но и организационно-хозяйственные и экономические условия. В горных и предгорных районах Казахстана, Киргизии, Узбекистана и Закавказья, где выпадает достаточно осадков (зона обеспеченной и полуобеспеченной богары), а склоны имеют большие уклоны ( $0,03...0,05^\circ$ ), чаще возделывают зерновые культуры, многолетние травы, плодовые и виноград без орошения. В долинах, где расположены более плодородные земли и где осадков выпадает меньше (зона необеспеченной богары), а тепла больше, выращивают более теплолюбивые и ценные орошаемые культуры: хлопчатник, овощные, сахарную свеклу, рис и др.

Непригодные сельскохозяйственные земли (пески, солонцы, солончаки, овражная сеть), мелиорация которых требует больших капитальных вложений и длительного времени, орошают выборочно.

Необходимо стремиться, чтобы в хозяйствах, расположенных в зоне командования крупных каналов, не было «пустующих» земель, чтобы все земли были в той или иной мере орошаемыми, то есть высокопродуктивными.

Орошение может быть стационарным и подвижным.

В районах европейской территории СССР, особенно на местном стоке, орошение проводят на стационарных, то есть специально организованных для этих целей участках. Их обычно располагают: вблизи источника орошения (река, водохранилище, озеро, артезианские скважины); на хорошо развитых, плодородных (чаще на пойменных или припойменных) землях (I—II древние террасы) с благоприятными для полива рельефом и уклонами местности; на землях, не засоренных карантинными сорняками.

Площадь солонцовых и солончаковых пятен не должна превышать 20 % площади орошаемых земель.

На стационарном участке устраивают постоянную сеть оросительных каналов и трубопроводов и строят необходимые гидротехнические сооружения. Площадь участка может составлять 5...20 % площади пашни. Чтобы стационарные участки были экономически эффективными, надо правильно обосновывать необходимую орошаемую площадь в хозяйстве.

Подвижное орошение применяют в обычных суходольных севооборотах, то есть на больших площадях, которые занимают в полевых севооборотах 75...80 %, а в кормовых — 15...25 % пашни. При этом воду на поля, в первую очередь нуждающиеся в поливах, подают из рек или водохранилищ передвижными или плавающими насосными станциями и быстросборными металлическими или пластмассовыми трубопроводами. Озимые зерновые культуры и многолетние травы в полевых и кормовых севооборотах при подвижном орошении получают предпосевные и влагозарядковые поливы в осенний, а в южных районах — и в зимний периоды.

Подвижное орошение сельскохозяйственных культур на больших площадях экономически более выгодно, чем орошение небольших стационарных участков, лишенное маневренности из-за ограниченности территории. Оно позволяет создать регулирующие емкости в зоне крупных оросительных каналов, где в межполивной период или в период дождей образуются большие резервы воды; использовать резервы воды непосредственно на прилегающих полях без создания регулирующих водохранилищ.

## § 12. Влияние орошения на внешнюю среду, почву и урожай

При орошении поливная вода оказывает воздействие на растение, создавая благоприятные водный и воздушный режимы почвы, микроклимат приземного слоя воздуха, температуру почвы, на физико-химические и биологические процессы в почве. Увлажнение повышает потенциальное плодородие почвы, обеспечивает растения доступной влагой, активно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Урожай при орошении получают в 2...5 раз выше, чем без орошения.

Температура почвы и воздуха в дневные часы на орошаемом поле ниже, а в ночное время выше в сравнении с неорошаемым. Прливы повышают влажность воздуха приземного слоя, уменьшают испаряемость, вследствие чего ослабляется воздушная засуха, снижается транспирация, нормализуется тургор растений. На орошаемом поле амплитуда колебаний температуры воздуха и почвы меньше, чем на неорошаемом. Все это благоприятно сказывается на росте и развитии сельскохозяйственных культур.

Поливы способствуют более интенсивному поглощению растениями солнечной энергии. В условиях богарного земледелия на фотосинтез используется не более 3 % поступающей на поверхность почвы солнечной энергии, а при орошении (при оптимальном увлажнении корнеобитаемого слоя) — 12...14 %.

Оптимальное увлажнение почвы значительно повышает качество урожая. При достаточном количестве азота в почве увеличивается содержание протеина в зерне пшеницы; в масличных культурах (подсолнечник, соя, кунжут и др.) содержится больше жира, в сахарной свекле — сахара, в картофеле — крахмала; у хлопчатника увеличиваются длина и крепость волокна, улучшаются вкусовые качества, аромат и окраска плодов и овощей.

При оптимальном увлажнении снижается удельное сопротивление при вспашке, улучшается качество обработки почвы. Увлажненные почвы не подвергаются ветровой эрозии (дефляции).

Поливная вода, содержащая большое количество натрия, повышает щелочность почвы (поглощенный натрий способствует диспергированию, усиливает анаэробный процесс, замедляет разложение органических остатков растений, способствует накоплению гумуса и образованию комковатой структуры). Илистые наносы, приносимые на поля с поливной водой, повышают плодородие почвы.

При поливе увеличивается степень растворимости соединений фосфорной кислоты, образуется коллоидный раствор гумуса, что улучшает фосфорное питание растений.

Однако при неправильных избыточных поливах вода может

оказать и неблагоприятное воздействие на почву: подъем уровня грунтовых вод, увеличение содержания в них растворимых солей и как следствие вторичное засоление почвы, вымывание питательных веществ из верхних слоев в нижние и др. Несвоевременные поливы, заниженные поливные нормы снижают урожаи сельскохозяйственных культур, уменьшают эффективность использования орошаемых земель и оросительной воды.

Следовательно, благоприятное действие орошения на почву и урожай проявляется в полной мере только тогда, когда поливы проводятся правильно, в комплексе с соответствующей агротехникой, когда оросительная вода подается в сроки и в количествах, отвечающих потребностям растений. На орошаемых землях урожай сельскохозяйственных культур бывает выше, чем на богарных, то есть при орошении выносятся из почвы больше питательных веществ, чем без орошения. Поэтому в орошаемые почвы рекомендуется вносить больше различных удобрений.

Повышению плодородия орошаемых земель (улучшению их физических и химических свойств, структуры почвы, увеличению гумуса) способствует введение севооборотов с посевом многолетних трав, особенно люцерны. Например, по данным исследований И. П. Сухарева, суммарная прибавка урожая люцерны (орошаемой) 1, 2 и 3-го года пользования составила соответственно 21,6; 89,7 и 73,6 на 1 га. Содержание же сухих корней люцерны 1, 2 и 3-го года пользования в слое 0...50 см эквивалентно содержанию сырого навоза соответственно 4,4; 21 и 29 т на 1 га (это значительно выше аналогичных показателей по люцерне, выращиваемой без орошения). Если учесть, что основная корневая система люцерны развивается в слое почвы 0,7...0,8 м, то содержание корней люцерны 1, 2 и 3-го года пользования будет эквивалентно содержанию сырого навоза соответственно 5,3; 25,2 и 35 т на 1 га. При переводе полученной массы сухих корней в эквивалентную массу перегноя и массы перегноя в эквивалентную массу сырого навоза взяты коэффициенты перевода, рекомендуемые агрохимической литературой, соответственно 0,18 и 0,08. (Масса сухих корней умножена на 0,18 — полу-

11. Количество водопрочных почвенных агрегатов (%) в пахотном слое до посева люцерны и после 3-летнего ее возделывания (данные И. П. Сухарева)

Орошаемое поле	Размер фракций, мм				
	> 1	1...0,5	0,5...0,25	< 0,25	> 0,25
До посева люцерны	3,85	26,83	24,93	44,39	55,61
После 3-летнего возделывания люцерны	17,60	33,89	15,69	32,82	67,18

чена эквивалентная масса перегнойа, а масса перегнойа разделена на 0,08 — получена эквивалентная масса сырого навоза).

Таким образом, введение в севооборот люцерны способствовало накоплению органического вещества в почве. С ростом же количества органического вещества улучшается и структура пахотного слоя (табл. 11).

### § 13. Требования к водному режиму почвы

Вода, как и другие факторы внешней среды (свет, тепло, питательные вещества, воздух и др.), необходима растениям для нормальной жизнедеятельности. Только при оптимальном сочетании этих факторов возможно получение наивысших урожаев.

В период роста растения потребляют большое количество влаги, из которого только 0,15...0,2 % идет на создание растительных тканей, а остальная часть расходуется на транспирацию листьями и стеблями. При недостатке влаги в растениях происходят неблагоприятные физиологические процессы: наблюдается угнетение, замедляется (или даже прекращается) накопление растительной массы, резко снижается урожай.

Вода из почвы всасывается корневыми волосками растений с определенной сосущей силой, равной разности осмотического и тургорного давлений. В насыщенной водой растительной клетке тургорное давление равно осмотическому и сосущая сила равна нулю, то есть растение не нуждается в воде. По мере иссушения клетки тургорное давление снижается, а осмотическое возрастает, при этом увеличивается и сосущая сила. Из почвы в растение начинает поступать влага.

Однако не всегда растения могут получить необходимое количество влаги, поскольку почва также обладает сосущей силой, то есть способна благодаря капиллярному строению всасывать и удерживать воду. Чем меньше размеры почвенных частиц и ниже влажность почвы, тем выше ее сосущая сила. При насыщении почвы водой до полной влагоемкости (ПВ) её сосущая сила равна нулю. В растение же вода может поступать, если сосущая сила корневых волосков превышает сосущую силу почвы, то есть когда влажность почвы превышает влажность завядания (ВЗ) растений. При влажности активного (корнеобитаемого) слоя ниже ВЗР скорость передвижения влаги в почве резко снижается и корни растений получают влаги меньше, чем расходуется на транспирацию, продуктивность растений понижается. Но и избыток влаги в почве может привести к негативным последствиям. При влажности почвы выше наименьшей влагоемкости (НВ) в активном слое ухудшается газообмен и растение испытывает недостаток в кислороде, то есть наиболее благоприятна для жизнедеятельности растений влажность в интервале ВЗР — НВ.

## 12. Минимально допустимая влажность почвы, % НВ

Культуры	Незасоленная почва		Слабозасоленная почва	
	тяжелая	легкая	тяжелая	легкая
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	70...80	60...70	75...85	70...75

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

Потребность растений в воде неодинакова в разные фазы их развития. Для каждой культуры существуют свои критические периоды, когда недостаток влаги в почве особенно сильно снижает урожай.

Значения минимально допустимой влажности почвы для некоторых культур приведены в таблице 12. При выборе пределов допустимой влажности необходимо учитывать и уровень солнечной радиации. В годы с высоким уровнем радиации для получения возможно более высоких урожаев нужна и более высокая влажность почвы.

## § 14. Элементы режима орошения

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

*Поливная норма* — количество воды, которое дают сельскохозяйственной культуре за один полив. *Оросительная норма* — количество воды, которое дают сельскохозяйственной культуре за весь оросительный период. Оросительная норма равна сумме поливных норм. Поливную и оросительную нормы выражают в кубических метрах воды на 1 га площади, занятой культурой.

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

Графическое изображение режима орошения сельскохозяйственных культур показано на рисунке 6. Дефициты влаги, определяемые путем сопоставления естественного водного режи-

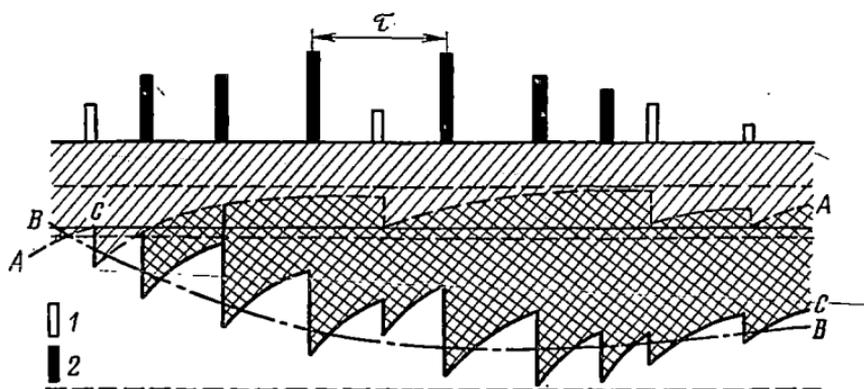


Рис. 6. Режим орошения сельскохозяйственных культур:  
 А—А — естественный режим влажности; В—В — потребный режим влажности; С—С — режим влажности почвы при орошении; 1 — осадки; 2 — поливы.

ма почвы (кривая А—А) и требований растений к влажности почвы (кривая В—В), восполняют периодическими поливами, при которых в почву дают такое количество воды, которое в определенный (межполивной) период расходуется растениями. При периодических поливах водный режим активного слоя почвы изменяется не по плавной кривой В—В, а по ступенчатой С—С. Сразу же после полива наблюдаются максимумы влажности почвы, а в конце межполивного периода — минимумы. Следовательно, поливами создают новый, более благоприятный для растений режим влажности (кривая С—С). Этот режим влажности должен максимально приближаться к потребному для растений водному режиму почвы при данных агротехнических, почвенных и климатических условиях. Верхние и нижние пределы кривой С—С не должны превосходить допустимые для данной сельскохозяйственной культуры.

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

По степени реализации режим орошения может быть *полным* (рассчитан на оптимальное удовлетворение потребности растений в воде и получение наивысших урожаев), *ирригационно-возможным* (рассчитан на ограниченные водные ресурсы) и *хозяйственно-возможным* (учитываются трудовые ресурсы, сельскохозяйственные машины, поливная техника и др.).

## § 15. Водный баланс орошаемого поля. Расчет оросительных норм

Режим орошения сельскохозяйственных культур разрабатывают на основе водного баланса орошаемого поля, то есть соотношения прихода и расхода воды на поле с учетом изменения ее запасов в почве за определенный промежуток времени (декада, месяц, вегетационный период и др.).

Основные расходные составляющие водного баланса — транспирация влаги растениями и физическое испарение с поверхности почвы. Поскольку раздельный учет этих составляющих затруднен, на практике определяют их сумму — суммарное водопотребление или суммарное испарение.

Динамика среднесуточного водопотребления и нарастание суммарного водопотребления в течение вегетационного периода некоторых культур при орошении показаны на рисунке 7.

Вода, поступающая на поле, может в некоторых случаях расходоваться на поверхностный и глубинный сброс. При высокой агротехнике и правильной организации поливов эти потери незначительны, и обычно их в расчетах не учитывают.

Основные приходные составляющие водного баланса — атмосферные осадки и влага, поступающая в корнеобитаемый слой из грунтовых вод (при их неглубоком залегании).

При естественных условиях влагообеспеченности часто в почву поступает воды меньше, чем необходимо для оптимального водопотребления культур. Этот недостаток влаги называют *дефицитом водного баланса* и восполняют подачей на поле оросительной воды.

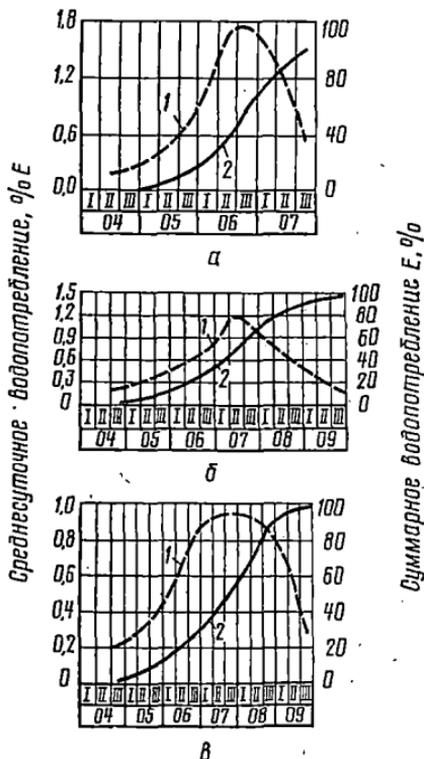


Рис. 7. Кривые среднесуточного (1) и суммарного (2) водопотребления:

а — яровой пшеницы; б — сахарной свеклы; в — хлопчатника.

Оросительную норму, обеспечивающую в вегетационный период оптимальный водный режим почвы, находят из уравнения водного баланса:

$$M = E - \alpha P - W_r - (W_n - W_k),$$

где  $E$  — суммарное водопотребление культуры, м<sup>3</sup>/га;  $P$  — количество осадков за период вегетации, м<sup>3</sup>/га, принимают 75...95 % расчетной обеспеченности;  $\alpha$  — коэффициент использования осадков, составляет 0,3...0,5 для засушливой зоны и 0,5...0,7 для зон недостаточного и неустойчивого увлажнения;  $W_r$  — количество влаги, поступающей капиллярным путем из грунтовых вод при близком их залегании, м<sup>3</sup>/га;  $W_n$  — запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы в начале вегетационного периода, м<sup>3</sup>/га;  $W_k$  — запасы влаги в активном слое почвы в конце вегетационного периода данной культуры, м<sup>3</sup>/га.

Суммарное водопотребление можно определить: непосредственными измерениями в полевых условиях; принять по аналогам в условиях, близких к проектируемым; вычислить, например, по коэффициентам водопотребления и планируемой урожайности (по А. Н. Костякову):

$$E = UK,$$

где  $U$  — планируемая урожайность, т/га;  $K$  — коэффициент водопотребления, м<sup>3</sup>/т.

Коэффициент водопотребления показывает, сколько воды требуется для формирования единицы урожая. Значения его принимают по опытным данным научно-исследовательских учреждений.

Для основных культур, выращиваемых в засушливых районах СССР, В. А. Соловьев рекомендует следующие значения коэффициентов водопотребления и суммарного водопотребления (табл. 13).

Большая группа методов расчета суммарного водопотребления основана на корреляционной связи водопотребления с метеорологическими показателями (температура, дефицит влажности воздуха и др.):

по предложению И. А. Шарова,

$$E = l \sum t + 4B,$$

где  $\sum t$  — сумма среднесуточных температур за вегетационный период, °С;  $l$  — коэффициент расхода воды на 1 °С, изменяется от 1,3 до 2,7 м<sup>3</sup>/га на 1 °С, в среднем можно принять равным 2 м<sup>3</sup>/га на 1 °С;  $B$  — число дней вегетационного периода;

по предложению Г. К. Льгова, при достаточной влагообеспеченности

$$E = K_0 \sum t,$$

13. Коэффициенты водопотребления и суммарное водопотребление для основных культур в засушливых районах СССР (для среднесухого года)

Культуры	Начальный период освоения орошаемых земель			Полное освоение орошаемых земель		
	продуктивная часть ур-жа у, т на 1 га	коэффициент водопотребления К, м <sup>3</sup> /т	суммарное водопотребление E, тыс. м <sup>3</sup> /га	продуктивная часть ур-жа у, т на 1 га	коэффициент водопотребления К, м <sup>3</sup> /т	суммарное водопотребление E, тыс. м <sup>3</sup> /га
Озимая пшеница и рожь	3,5...4,0	1200...1500	4,5...5,0	5,0...6,0	900...1250	5,0...5,5
Яровые колосовые	2,5...3,5	1400...1800	4,5...5,0	3,5...4,5	1100...1400	5,0...5,5
Просо	3,0...4,0	1200...1500	4,5...5,0	4,5...5,5	900...1250	5,0...5,5
Горох и фасоль	2,5...3,0	1350...1800	4,0...4,5	3,5...4,0	1120...1450	4,5...5,0
Подсолнечник	2,5...3,0	1500...2000	4,5...5,0	3,5...4,0	1120...1450	5,0...5,5
Кукуруза (зерно)	5,0...6,0	750...1000	4,5...5,0	7,0...8,0	630...860	5,5...6,0
» (силос)	50,0...60,0	75...100	4,5...5,0	70,0...80,0	63...86	5,5...6,0
Сорго (зерно)	4,0...5,0	900...1250	4,5...5,0	5,0...7,0	800...1000	5,0...6,0
Картофель	20,0...25,0	200...220	4,5...5,0	30,0...35,0	150...170	5,5...6,0
Табак	5,0...6,0	650...1000	4,5...5,0	8,0...10,0	500...750	5,0...6,0
Сахарная и кормовая свекла	45,0...50,0	120...130	5,5...6,0	60,0...80,0	90...120	6,5...7,0
Свекловичные высадки	2,5...3,0	1500...2000	4,5...5,0	4,0...5,0	1000...1370	5,5...6,0
Хлопчатник	2,5...3,0	2500...3000	7,0...7,5	3,5...4,0	2500...2700	8,0...9,0
Капуста	50,0...60,0	100...120	5,0...6,0	70,0...80,0	75...100	6,0...7,0

Продолжение табл. 13

Культуры	Начальный период освоения орошаемых земель			Полное освоение осушаемых земель		
	продуктивная часть ур-жа У, т на 1 га	коэффициент водопотребления К, м <sup>3</sup> /т	суммарное водопотребление Е, тыс. м <sup>3</sup> /га	продуктивная часть ур-жа У, т на 1 га	коэффициент водопотребления К, м <sup>3</sup> /т	суммарное водопотребление Е, тыс. м <sup>3</sup> /га
Огурцы	40,0...45,0	100...120	5,0...5,5	50,0...60,0	110...130	6,0...6,5
Томаты	40,0...45,0	100...120	4,5...5,0	50,0...60,0	80...120	5,0...6,0
Баклажаны и перец	40,0...45,0	100...120	4,5...5,0	50,0...60,0	80...120	5,0...6,0
Лук (на репку)	30,0...35,0	120...150	4,5...5,0	40,0...45,0	110...150	5,0...6,0
Морковь	40,0...50,0	100...125	4,5...5,0	60,0...70,0	80...100	5,5...6,0
Свекла столовая	40,0...45,0	100...125	4,5...5,0	50,0...60,0	100...120	5,5...6,0
Бахча (арбузы и дыни)	35,0...40,0	120...140	4,5...5,0	50,0...60,0	100...110	5,5...6,5
Кнопля (стебли)	6,0...8,0	500...750	4,0...5,0	10,0...12,0	500...600	5,5...6,0
Кенaf (стебли)	8,0...10,0	400...630	4,0...5,0	12,0...15,0	400...500	5,5...6,0
Рис (затопление)	4,0...5,0	1600...2500	8,0...10,0	6,0...7,0	1500...2500	12,0...15,0
Люцерна (сено)	10,0...12,0	500...750	5,0...6,0	15,0...20,0	350...540	7,0...8,0
» (семена)	0,5...0,6	7000...10 000	4,5...5,0	0,8...1,0	6000...8500	6,0...7,0
Однолетние травы (суданка, могар)	5,0...6,0	670...1250	4,5...5,0	8,0...10	500...750	5,0...6,0
Ягодные	4,0...6,0	850...1100	4,5...5,0	8,0...10	600...650	5,0...6,0
Плодовые	15,0...20,0	250...350	5,0...5,5	25,0...30,0	200...280	6,0...7,0
Виноград	15,0...20,0	250...350	5,0...5,5	25,0...30,0	200...280	6,0...7,0

где  $K_0$  — расход воды, м<sup>3</sup> на 1 °С;  $\sum t$  — сумма температур за период вегетации, °С.

По данным Г. К. Льгова, полученным на Кабардино-Балкарской опытной станции, расход воды на 1 °С для большинства сельскохозяйственных культур составляет 1,75...1,91 м<sup>3</sup>. По данным Н. А. Мосиенко, средний расход воды на 1 °С для лука-репки и севка равен 1,8 м<sup>3</sup>, для моркови и свеклы — 1,7, для ранней капусты — 2 м<sup>3</sup>;

по предложению А. М. Алпатъева и С. М. Алпатъева (биоклиматический метод),

$$E = K_6 \sum D,$$

где  $K_6$  — биоклиматический коэффициент мм/мб, характеризует испарение воды орошаемым полем, занятым сельскохозяйственной культурой, при увлажнении почвы не ниже 70 % НВ;  $\sum D$  — сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за период вегетации культур, мб.

При постоянно высокой влажности почвы значение водопотребления культур за весь период вегетации в разных почвенно-климатических зонах приближается к значению испаряемости.

Значения биоклиматических коэффициентов зависят от вида сельскохозяйственной культуры и носят зональный характер. По данным С. М. Алпатъева, для условий Украины значения  $K_6$  составляют: для озимой и яровой пшеницы — 0,4, кукурузы — 0,38, сахарной свеклы и томатов — 0,42, люцерны — 0,45. По данным М. Г. Голченко, для условий Белоруссии значения  $K_6$  равны: для капусты — 0,60, картофеля — 0,52, трав — 0,45.

Достоинства методов расчета водопотребления по метеорологическим показателям — простота и доступность, недостатки — не учитывают влияния урожая на водопотребление культуры, можно применять лишь в тех природных зонах, для которых установлены значения эмпирических коэффициентов.

В биоклиматическом методе расчета принята линейная связь испарения с дефицитом влажности воздуха, что понижает точность расчета. Результаты исследований Д. В. Зайкова, Б. В. Полякова, В. К. Давыдова и других показывают, что испаряемость пропорциональна дефициту влажности воздуха в степени меньше единицы. К недостаткам этого метода относится и то, что в конце межполивного периода влажность почвы в активном слое бывает ниже 65 % НВ, а метод применим при влажности не ниже 70 % НВ.

Приток капиллярной влаги  $W_r$  в активный слой почвы из грунтовых вод зависит от ее механического состава и глубины залегания грунтовых вод (табл. 14).

При залегании грунтовых вод на глубине 3 м и более приток  $W_r$  принимают равным нулю.

Элементы водного баланса из года в год изменяются, поэтому и оросительные нормы в разные годы различные.

14. Приток капиллярной влаги ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) в активный слой почв различного механического состава (по данным М. Е. Багрова)

Почвы	Глубина залегания грунтовых вод, м		
	1...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5
Супесчаные легкие	600...1000	—	—
Суглинистые »	700...1200	500...1000	—
» средние	900...1500	600...1200	—
» тяжелые	1200...2000	300...1500	400...1000
Глинистые	1500...3000	1000...2000	500...1500

Проектный режим орошения разрабатывают для расчетного года с оптимальной обеспеченностью (повторяемостью). Расчетный год выбирают по обеспеченности дефицита водного баланса. Чем выше оросительная норма, принятая при проектировании оросительной системы, тем полнее удовлетворяется потребность культур в воде в засушливые годы и выше получае́мый урожай. Но увеличение оросительных норм требует большей пропускной способности каналов, трубопроводов, что приводит к увеличению стоимости системы. Поэтому оптимальную обеспеченность проектной оросительной нормы устанавливают в каждом конкретном случае технико-экономическими расчетами.

## § 16. Расчет поливных норм

Поливная норма ( $\text{м}^3/\text{га}$ )

$$m = 100H\alpha(\gamma_0 - \gamma_1),$$

где  $H$  — активный слой почвы, м;  $\alpha$  — средняя плотность активного слоя почвы,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $\gamma_0$  — оптимальная влажность активного слоя почвы, % массы сухой почвы, соответствует 90...100 % НВ;  $\gamma_1$  — влажность активного слоя почвы перед поливом, % массы сухой почвы,

или

$$m = HA(\beta_n - \beta_0),$$

где  $A$  — скважность (пористость) активного слоя почвы, %;  $\beta_n$  — наименьшая влагоемкость активного слоя почвы, % скважности;  $\beta_0$  — запасы влаги перед поливом в активном слое почвы, % скважности.

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях поливы следует проводить своевременно и качественно. Необходимо промачивать слой почвы, в котором располагается основная масса корневой системы растений. Это обеспечивает сельскохозяйственные растения в достаточном количестве водой и активизирует микробиологические процессы.

Оптимальную глубину промачиваемого слоя можно принять по следующим данным:

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

Глубина промачивания зависит от исходной влажности почвы, ее физического состояния и количества выпавших осадков. При высокой влажности почвы вода быстрее проникает в глубь нее, при низкой — часть впитавшейся воды расходуется на повышение влажности и насыщение почвы до наименьшей влагоемкости.

Перед поливом влажность почвы бывает не выше 60 % НВ, поэтому ориентировочно можно считать, что при такой влажности слой воды 1 мм, данный поливом, будет промачивать слой почвы 1 см. Следовательно, для промачивания слоя почвы на глубину 0,3; 0,6 и 0,8 м поливная норма должна составлять соответственно 30, 60 и 80 мм (или 300, 600 и 800 м<sup>3</sup>/га).

## § 17. Определение сроков поливов

Сроки поливов определяют различными методами. При разработке проектного режима орошения основным является графоаналитический метод А. Н. Костякова, основанный на водно-балансовых расчетах и позволяющий увязать сроки поливов с поливными нормами. Расчет ведут по декадам вегетационного периода. Исходными данными являются атмосферные осадки и водопотребление за декаду и мощность расчетного слоя почвы. Для каждой декады вычисляют запасы влаги, соответствующие верхнему и нижнему пределам оптимальной влажности в расчетном слое. Их наносят на график (рис. 8) и получают две кривые, между которыми заключен оптимальный для растений диапазон почвенной влаги. При орошении влажность почвы не должна выходить за пределы этого диапазона. Потом на графике откладывают запасы влаги в начале вегетационного пери-

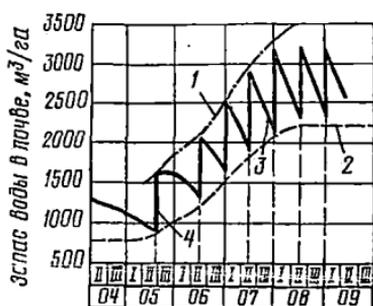


Рис. 8. Графический метод расчета поливного режима (по А. Н. Костякову):

1, 2 — максимальные и минимальные запасы влаги в расчетном слое почвы  $H$ ; 3 — фактические запасы влаги в слое  $H$ ; 4 — поливные нормы.

залегания принимают равным нулю.

Таким образом на графике получают кривую изменения фактических запасов влаги. Если в какую-либо декаду эта кривая пересечет нижнюю границу оптимальной влажности, то назначают полив. Средний день полива находят на горизонтальной оси по точке пересечения кривых. Поливную норму принимают такой, чтобы повысить влажность расчетного слоя почвы до верхнего оптимального предела. Запасы влаги на конец декады вычисляют, добавляя в приходную часть баланса значение поливной нормы.

Метод А. Н. Костякова можно использовать и при разработке эксплуатационного режима орошения. Для этого необходимо иметь оперативные данные о приходе и расходе влаги за возможно более короткие промежутки времени (1...5 сут). Объем (или слой) осадков принимают по данным метеостанций и постов, а водопотребление измеряют в полевых условиях (испарителями) или рассчитывают по известным формулам (что для коротких периодов дает большие погрешности).

Сроки поливов можно назначать также в зависимости:

от фазы развития растений — в определенные критические фазы, когда чувствительность растений к недостатку влаги высока;

от физиологических показателей состояния растений. Чаще всего учитывают концентрацию клеточного сока в листьях. Снижение ее до определенного предела (в зависимости от вида выращиваемых культур) говорит о недостатке влаги в почве и необходимости полива;

ода (принимают равным 90...95 % НВ). Из уравнения водного баланса вычисляют запасы влаги на конец первой декады. Если они превышают нижнюю границу оптимальной влажности, то их считают за начальные и проводят аналогичный расчет для следующей декады и т. д.

Приходными составляющими водного баланса в таком случае будут атмосферные осадки и прирост запасов влаги за счет увеличения расчетного слоя почвы в рассматриваемую декаду; расходными — суммарное водопотребление. Подпитывание от грунтовых вод при глубоком их

от влажности почвы — при снижении содержания влаги до минимально допустимых значений. В расчетном слое почвы (1...1,2 м, но в период вегетации может изменяться) поддерживают оптимальную влажность. Необходимую глубину увлажнения в период вегетации сельскохозяйственных культур устанавливают по тепловой или биофизической кривой, так как при оптимальном увлажнении почвы накопление биомассы и развитие корневой системы подчиняется энергетическим факторам.

Для отдельных сельскохозяйственных культур сроки и число поливов колеблются в значительных пределах, в зависимости от района и влажности.

Применительно к ответственным фазам роста и развития растений ориентировочно можно принять следующее число поливов (необходимо учитывать условия года):

озимые (пшеница, рожь, ячмень) — 2...4 (в фазы: начала трубкавания, колошения и налива зерна);

нут, фасоль, чина — 3, 4 (в фазы: до ветвления, появления ветвей, начала цветения, массового завязывания бобов и созревания);

арахис, клецеевина, кунжут — 3...5 (в фазы: после прорывки или проверки, до образования бутонов и начала ветвления, образования ветвей, начала бутонизации, цветения и созревания за 20...30 сут до уборки);

рис (при периодическом орошении) — 10...12 (в фазы: до кушения, кушения, начала трубкавания, трубкавания, перед выбрасыванием метелки, выбрасывания метелки, цветения, завязывания пятачки зерна, начала налива зерна и молочной и восковой спелости);

хлопчатник — в фазы: начала цветения, цветения — массового плодообразования, созревания. Схема полива 2 — 4 — 1. Первая цифра показывает, сколько поливов надо дать до цветения, вторая — в фазу цветения — плодообразования, третья — в фазу созревания, то есть после раскрытия коробочек;

яровая пшеница, овес, ячмень, просо — 3, 4 (в фазы: начала кушения, трубкавания, колошения или выметывания, начала налива зерна). В сухую осень дают влагозарядковый полив;

горох и горчица — 3...5 (в фазы: перед ветвлением, появлением ветвей, перед образованием бутонов, начала цветения, массового завязывания бобов);

кукуруза — 2...6 (особенно чувствительна к недостатку влаги в почве за 10...15 сут до выметывания метелок и в фазу молочной спелости зерна). Режим орошения зависит от условий зоны;

подсолнечник — 2, 3 (первый — в фазу 5, 6 пар листьев, второй — в фазу образования корзинок — цветения, третий — в засушливые годы, в фазу начала налива зерна; наиболее чувстви-

телен к недостатку влаги за две недели до цветения, в фазу цветения и через 2...3 недели после цветения);

сахарная, кормовая свекла и другие корнеплоды — 4, 5 (в фазы: после прорывки или проверки, смыкания рядков, перед смыканием междурядий, максимального роста листьев и начала утолщения корня, максимального роста корня, за три недели до уборки). В сухую осень дают влагозарядковый полив, в период максимальных приростов корня (июль... 15 августа) — 3, 4 полива;

свекловичные высадки — 4, 5 (в фазы: после высадки корней, образования листьев, начала стеблевания, цветения, образования клубочков);

картофель весенней и летней посадки — 3...5 (в фазы: до бутонизации, бутонизации — начала цветения, после цветения, максимального роста клубня). При летней посадке дают предпосадочный — влагозарядковый полив \*;

капуста, томаты, баклажаны, огурцы — 6...10 (в фазы: после посадки, после подсадки, укоренения, разрастания листьев у капусты и бутонизации у томатов, баклажанов и огурцов, начала завязывания кочана у капусты и цветения томатов, баклажанов и огурцов, образования кочана капусты и завязи у томатов, баклажанов и огурцов, нарастания массы кочана и плодов у томатов, огурцов и баклажанов, остальные поливы в периоды созревания капусты и массовых сборов томатов, баклажанов и огурцов);

однолетние травы (вика, могар, суданка) — 3, 4 (в фазы: до начала ветвления или кущения, появления ветвей и начала трубкавания, начала цветения или выметывания, начала созревания). Для вторичного отрастания дают послеуборочный полив;

люцерна и другие многолетние травы 1-го года без покрова, при весеннем посеве — 4, 5 (в фазы: после достаточного укоренения и развития листовой розетки, перед бутонизацией, после первого укоса, между первым и вторым укосами, после второго укоса, после третьего укоса или стравливания, он же влагозарядковый);

люцерна и другие многолетние травы 1-го года при покровном посеве — 2, 3 (первый полив после уборки покровной культуры, второй — в период отрастания до появления бутонов, третий — после укоса, он же влагозарядковый);

люцерна и другие многолетние травы 1-го года при пожнивном посеве — 3, 4 (в фазы и периоды после укоренения и образования листовой розетки, до появления бутонов, после первого укоса или стравливания, он же влагозарядковый);

---

\* Для повторных и пожнивных посевов различных культур в степных районах обязателен предпосевной или предпосадочный полив.

люцерны и другие многолетние травы 2-го и 3-го года (на сено) — 6...8 (в фазы: весеннего отрастания, после первого укоса, между первым и вторым укосами, после второго укоса, между вторым и третьим укосами, после третьего укоса, между третьим и четвертым укосами, после четвертого укоса, он же влагозарядковый, а на засоленных землях и промывной). Последний полив дают перед вспашкой пласта люцерны с целью глубокой заделки корневых остатков. Люцерна и другие многолетние травы 2-го года на семена получают несколько меньше поливов, чем травы на сено, так как обильные поливы способствуют усиленному развитию зеленой массы в ущерб образованию семян. Число поливов 3, 4 (наиболее ответственные для полива фазы отрастания, до бутонизации, бутонизации и начала цветения, образования бобиков). Перед укосом с целью предотвращения осыпания бобиков рекомендуется давать еще один полив;

плодовые, ягодные культуры и виноград — 3...5 (в фазы: после цветения и образования завязи, после формирования и опадения завязи, усиленного роста плодов и ягод, формирования цветковых почек, налива плодов и ягод). Для южных районов необходим подзимний влагозарядковый полив. При отсутствии осеннего полива желателен весенний в период до цветения. Для столовых сортов винограда дают поливов больше, чем для винных.

## § 18. Расчет оросительного гидромодуля

После расчета режима орошения (оросительной и поливных норм) отдельных сельскохозяйственных культур устанавливают режим орошения полей севооборота. При этом учитывают потребность в воде каждой культуры севооборота, почвенные и гидрогеологические условия всех полей, плановые задания по урожаям орошаемых культур и организацию орошаемого хозяйства.

Режим орошения в севообороте изображают в виде графика гидромодуля  $q$ . Гидромодуль  $q$  выражает потребный расход воды в литрах в секунду на 1 га [л/(с·га)] посева сельскохозяйственных культур орошаемого севооборота. Он необходим для определения расчетного расхода  $Q_{ит}$ , гидравлического расчета оросительной сети и является связующим звеном водопотребления сельскохозяйственных культур севооборота с оросительной сетью, каналами и сооружениями на ней.

Расчетный расход оросительной системы

$$Q_{ит} = qF,$$

где  $F$  — площадь орошаемого севооборота, га.

## Гидро модуль

$$q = \alpha m / (8640t),$$

где  $\alpha$  — состав культур в севообороте, %;  $m$  — поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $t$  — поливной период культуры, сут (расчет проводят на круглые сутки, то есть 86 400 с).

Если поливы проводят не круглосуточно, например 17 ч в сутки, то гидро модуль и, следовательно, расчетный расход возрастут в 1,5 раза по сравнению с гидро модулем и расчетным расходом при круглосуточном поливе. Размеры каналов, трубопроводов и всех сооружений на оросительной сети должны быть соответственно больше.

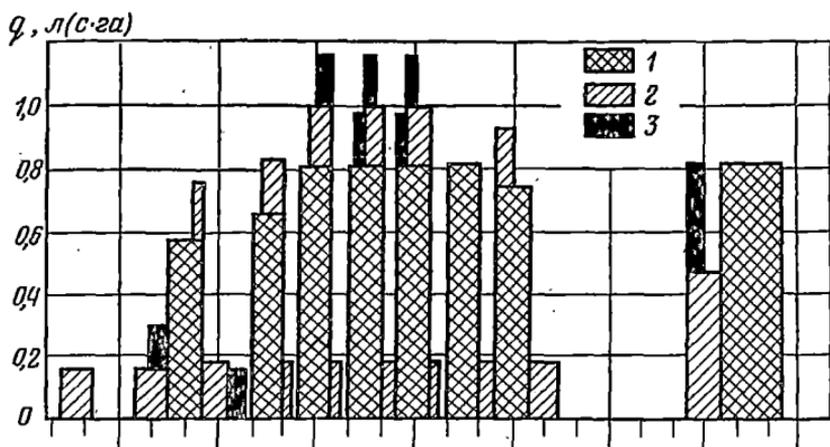
Продолжительность полива допустимо увеличивать для яровой и озимой пшеницы и люцерны до 10...12 сут, кукурузы до 6...12, хлопчатника до 10...12, для овощных культур, картофеля и сахарной свеклы до 8...12 сут.

При расчете режима орошения культур севооборота составляют таблицу, в которой по горизонтали располагают такие графы: культуры, состав их  $\alpha$  (%); номера поливов; поливные нормы  $m$  (м<sup>3</sup>/га); оросительные нормы (м<sup>3</sup>/га); сроки полива (даты начала и окончания); дата среднего дня полива; продолжительность полива (сут); межполивной период (сут); ординаты гидро модуля  $q$  [л/(с·га)]. По данным таблицы строят неупакованный график гидро модуля. По вертикальной оси в выбранном масштабе откладывают гидро модули, по горизонтальной — периоды полива отдельных культур. При совпадении сроков полива культур ординаты гидро модуля складывают.

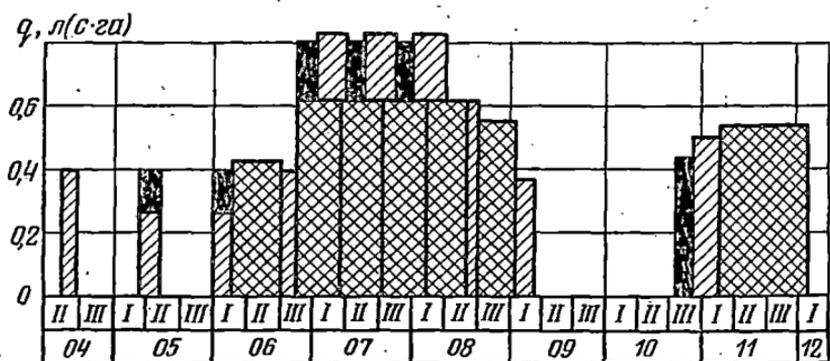
Чтобы устранить резкие колебания ординат гидро модуля и обеспечить равномерную работу оросительной системы, полученный график гидро модуля упаковывают. По формуле гидро модуля вычисляют поливной период данной культуры:  $t = \alpha m / (8640q_{\text{ср}})$  (результат округляют до 1 или 0,5 сут, что несколько изменит поливной период по сравнению с расчетным). Подставляя в формулу гидро модуля округленное значение поливного периода, уточняют ординату гидро модуля для данного полива.

Произведение ординаты гидро модуля на время полива  $q_1 t_1$  в неупакованном графике должно быть равно произведению  $q_2 t_2$  в упакованном.

Такие расчеты осуществляют для всех поливов и культур. По уточненным данным строят упакованный график гидро модуля. При этом соблюдают следующее: одновременно можно поливать не более двух культур; сроки полива не должны выходить за пределы допустимых; поливы можно проводить не позже намеченных сроков и не раньше чем за 3 сут до них; поливной



а



б

Рис. 9. Графики гидромодуля:  
 а — неукomплектованный; б — укomплектованный; 1 — хлопчатник; 2 — люцерна; 3 — кукуруза на зерно.

период нельзя увеличивать; средний день полива можно сдвигать для кукурузы, трав, зерновых, овощных и технических культур на 4, 5 сут, для хлопчатника на 3, 4 сут; нельзя допускать снижения предполивной влажности ниже минимальных запасов влаги в почве; межполивной период можно изменять на 5...7 сут.

Неукomплектованный и укomплектованный графики гидромодуля для хлопколюцернового севооборота приведены на рисунке 9.

В зерновых, технических и овощных севооборотах средняя ордината гидромодуля обычно составляет 0,5...0,7 л/(с·га).

Режим орошения также можно изобразить в виде графика поливов (рис. 10). В отличие от графика гидромодуля он пока-

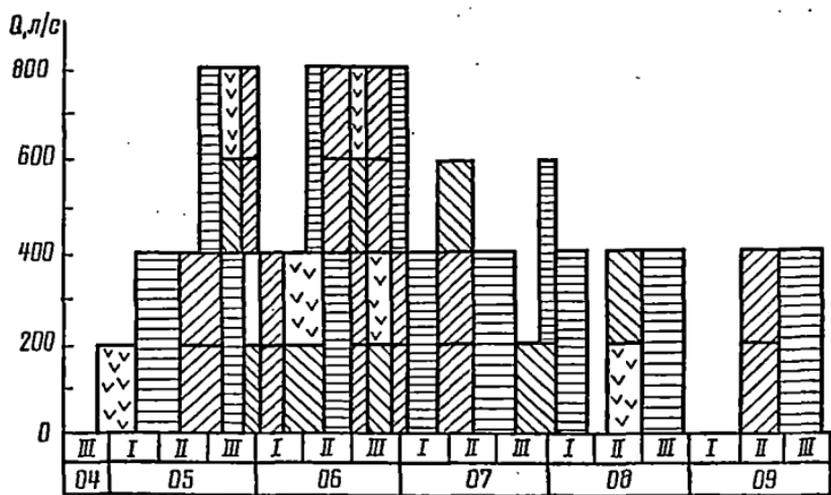
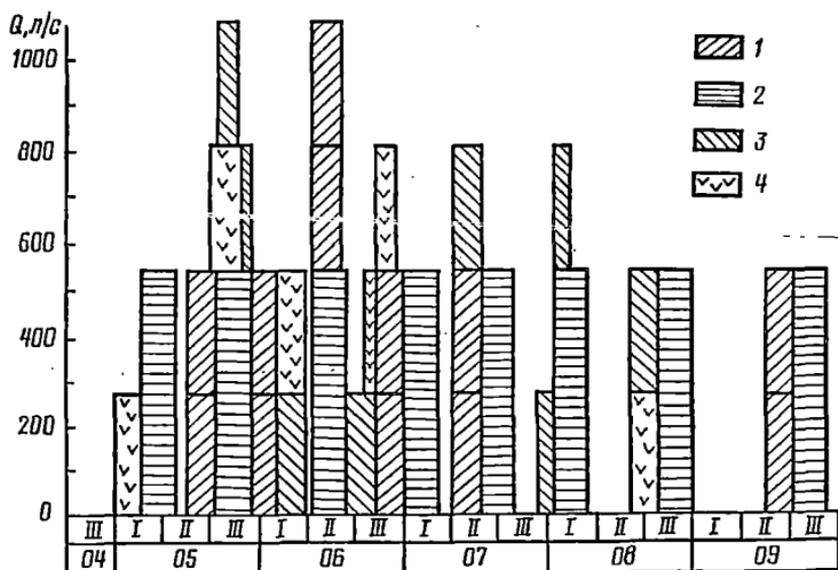


Рис. 10. Графики поливов дождевальной машиной «Фрегат» зернового севооборота:  
 а — неукомплектованный; б — укомплектованный; 1, 4 — яровая и озимая пшеница; 2 — люцерна; 3 — кукуруза.

зывает потребный расход воды на всю площадь, занятую соответствующей культурой. Поэтому при его составлении необходимо знать площади всех полей севооборота.

Расход воды для каждого полива (л/с)

$$Q = mF_k / (3,6Tt\beta),$$

где  $m$  — поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $F_k$  — площадь, занятая культурой, га;  $T$  — продолжительность данного полива, сут;  $t$  — продолжительность полива в течение суток;  $\beta$  — коэффициент техники полива, учитывает сток и просачивание влаги ниже расчетного слоя почвы. При поливах без сброса  $\beta = 0,7 \dots 0,95$ .

Вначале строят неукomплектованный график поливов, а затем его укomплектовывают аналогично графику гидромодуля.

При построении графика поливов в случае орошения дождеванием учитывают следующее. Если при поверхностных способах полива воду на поле подают непрерывно, то при дождевании — прерывисто. Перерывы в работе обусловлены необходимостью перемещения дождевальных машин с позиции на позицию, проведения ежесменного технического обслуживания, а также отключения некоторых дождевальных машин во время сильных ветров. В связи с этим в знаменатель формулы для определения поливного расхода вводят коэффициент использования рабочего времени  $K$ . Значение  $K$  зависит от вида дождевальной машины и составляет в основном  $0,8 \dots 0,85$ . Коэффициент  $\beta$  при дождевании учитывает потери поливной воды на испарение и частичный унос ветром и равен  $0,7 \dots 0,95$ .

Если при поверхностных поливах поливной расход можно изменять в широких пределах, то при дождевании его регулируют только увеличением или уменьшением числа одновременно работающих дождевальных машин. Поэтому при укomплектовании графика поливов поливные расходы назначают кратными расходам принятых дождевальных машин, а затем определяют продолжительность поливов, соответствующую этим расходам.

## § 19. Виды поливов сельскохозяйственных культур

С агрометеорологической и организационно-хозяйственной точки зрения, можно выделить:

*предпосевной полив*, проводят с целью увлажнения почвы и получения дружных и полных всходов, укоренения и быстрого роста и развития сельскохозяйственных культур в начальный, по существу решающий, период их жизни. Поливная норма  $600 \dots 800$  м<sup>3</sup>/га (с расчетом увлажнения слоя почвы  $0,6 \dots 0,8$  м). Поливы осуществляют по бороздам, напуском по полосам и многоопорными дождевальными машинами;

*предпосевной влагозарядковый полив*, проводят перед посевом с целью получения не только дружных и полных всходов, но и создания запасов влаги в более глубоких (1,5...2 м) слоях почвы. Поливная норма 800...1500 м<sup>3</sup>/га. Поливы выполняют обычно по глубоким бороздам или напуском по полосам;

*влагозарядковый полив*, проводят в осенний, или предзимний, период с целью создания запасов воды в слое 1,5...2 м. Для озимых и яровых колосовых, сахарной свеклы, плодовых культур и винограда полив осуществляют, как правило, по глубоким бороздам или напуском по полосам или чекам нормой 800...1200 м<sup>3</sup>/га;

*провокационный полив*, выполняют с целью вызвать прорастание сорняков. Он имеет большое значение на засоренных землях в степных районах, где из-за сухости почвы семена сорняков накапливаются и в естественных условиях не прорастают. Осенью после уборки урожая дают предпахотный полив с использованием существующей поливной сети, а затем после всхода сорняков проводят культивацию. Эти операции повторяют несколько раз. Сорняки уничтожают не только в верхнем, но и в глубоких слоях почвы. Для провокационных поливов рекомендуется применять дождевание с промачиванием почвы на 0,25...0,3 м. В Средней Азии такие поливы осуществляют перед посевом;

*подпityвающий полив*, относится к провокационным. Его выполняют, когда вслед за посевом устанавливается длительная (в течение двух-трех недель) сухая погода, чтобы не погибли семена. На полях высевают быстро растущую маячную культуру и по ее всходам определяют направление посевных борозд. Для получения дружных и полных всходов пропашных, бахчевых и других культур полив осуществляют дождеванием;

*вегетационный полив*, является основным. Для его проведения надо знать не только биологию сельскохозяйственных культур и сроки наступления наиболее ответственных фаз и периодов роста и развития, но и влажность почвы, погодные условия в период вегетации. Во многих районах европейской территории СССР поливы в период вегетации можно рассматривать как добавление к осадкам. Вегетационные поливы имеют большое агротехническое значение. Они во многом определяют эффективность удобрений. Их осуществляют различными способами: по бороздам, напуском, затоплением, дождеванием. Поливные нормы составляют 400...1200 м<sup>3</sup>/га.

По физиологическому значению вегетационные поливы могут быть *увлажнительными* (для поддержания в активном слое определенной влажности) и *освежительными* (для повышения влажности приземного слоя почвы, охлаждения и предохранения от загрязнения листьев, а следовательно, улучшения ассимиляции и фотосинтеза);

*промывной полив*, проводят, как правило, в осенний или осенне-зимний период для удаления из почвогрунтов в дренажную сеть избытка водорастворимых солей (капитальная промывка) или в профилактических целях. Капитальную промывку выполняют обычно один-два раза за ротацию севооборота, профилактическую — через один-два года в виде влагозарядкового полива повышенной нормой (2,2...2,5 тыс. м<sup>3</sup>/га) напуском по полосам или чекам.

## **Глава 5. ИСТОЧНИКИ ОРОШЕНИЯ И ОБВОДНЕНИЯ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОГО СТОКА**

### **§ 20. Поверхностные и подземные воды**

Основные поверхностные источники орошения и обводнения — воды рек, озер, крупных водохранилищ, местный сток.

По запасам пресной воды водные ресурсы страны распределяются следующим образом: реки — 4383 км<sup>3</sup>; озера — 23,2 тыс. м<sup>3</sup>; ледники — 20,5 тыс. км<sup>3</sup>, в том числе горные — 2,8 тыс. км<sup>3</sup> (в них аккумулируется 2,4 тыс. км<sup>3</sup> воды).

Местным стоком называют сток талых и ливневых вод временных водотоков или овражно-балочной сети. Это огромный резерв пресной воды, который можно использовать для орошения. Его собирают в прудах и водохранилищах, устраиваемых в глубоких балках (плотинами перегораживают малые реки, ручьи и т. д.).

В Центрально-Черноземной зоне водами местного стока орошают около 400 тыс. га. В Казахстане и Поволжье местный сток является базой широкого развития лиманного орошения.

Улучшение водного режима земель лесостепных и степных районов связано не только со строительством прудов и водоемов, но и с проведением агромелиоративных мероприятий по задержанию и использованию вод местного стока.

Основные подземные источники орошения и обводнения — подземные грунтовые воды, подземные водотоки, грунтовые бассейны.

Подземные грунтовые воды образуются в рыхлых обломочных или зернистых породах водоносного пласта, обладающих более или менее постоянной водопроницаемостью, и подчиняются законам фильтрации.

Подземные водотоки находятся в сплошных горных породах (трещинах, провалах, пещерах) в виде сплошного жидкого тела (подобно поверхностным водотокам).

Грунтовый бассейн образуется в том случае, когда подземные воды находятся в мелких порах породы в виде подземного водо-

ема, и подстилается водоупорным слоем. Напорная поверхность бассейна всегда горизонтальна. Он может залегать на различной глубине. В период выпадения осадков или таяния ледников вода, профильтровавшаяся через обломочные отложения, проникает в пласты пористых грунтов, залегающих на чашеобразном водоупоре. Такие грунтовые бассейны открыты в Сарпинской низменности, Алтайском и Целиноградском краях, в районе Алматы.

В основе происхождения подземных вод лежат осадки и частично конденсирующиеся водяные пары, проникающие в поры почвы и подстилающие грунты.

Для использования подземных вод не надо строить водохранилища, обводнительные каналы и сложные водоочистные сооружения, так как они, как правило, не содержат примеси. Скважины для их забора можно закладывать непосредственно на территории орошаемого или обводняемого участка.

## § 21. Коллекторно-дренажные и морские воды

С ростом орошаемых площадей в нашей стране и за рубежом ощущается недостаток в оросительной пресной воде. В связи с этим остро встает вопрос о поисках новых источников орошения. Один из возможных таких источников — минерализованные дренажные, подземные и морские воды.

Дренажные воды содержат полезные для растений минеральные вещества и микроэлементы (в 2,4...4,5 раза больше, чем речная вода). Объем их только в Узбекистане исчисляется миллионами кубических метров.

Однако при длительном использовании минерализованных вод возможно засоление почв. Поэтому при орошении культур такими водами необходимо следить за содержанием солей в почве. При хлоридном типе засоления ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ) содержание солей в слое 1 м не должно превышать 0,3...0,6 %, при сульфатно-натриевом и магниевом ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ) — 1...1,3 %.

Наиболее вредные для растений — некоторые соли натрия (сода) и хлористые соединения.

При неблагоприятном соотношении в оросительной воде ионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{CO}_4^{2-}$  и  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$  опасность засоления почвы увеличивается. Признаки солонцеватости проявляются при соотношении  $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = 3:1$ , а в некоторых случаях  $\text{Na}^+ : \text{Ca}^{2+} = 2:1$ .

При наличии дренажа и повышенных оросительных нормах, обеспечивающих промывной режим, для орошения можно использовать воду повышенной минерализации.

Минерализованные воды можно применять и для промывки

солончаков с одновременным возделыванием риса. В первый год можно взять воду минерализацией 6 г/л, в последующие минерализация оросительной воды должна быть ниже (данные И. С. Рабочева). Урожай риса получают не ниже, чем при орошении пресной водой.

По данным Г. М. Гусейнова, в условиях Северной Мугани при влагозарядке арычной водой и вегетационных поливах дренажной, содержащей солей 5,33 г/л, из которых хлора 1,77 г/л, в течение восьми лет произошло некоторое накопление солей в почве, но урожаи возделываемых культур были устойчивы по годам и близки к урожаям культур, орошаемых только арычной водой.

Количество минерализованной оросительной воды, допустимой для орошения без дренажа, можно определить по методу Израильсена:

$$H = \alpha Ph / \rho,$$

где  $H$  — слой воды за все годы орошения, м;  $P$  — допустимое для растений содержание данной соли в почве, %;  $\rho$  — содержание данной соли в почве, %;  $h$  — промачиваемый слой почвы, м;  $\alpha$  — плотность почвы, г/см<sup>3</sup>.

Время, когда содержание солей в почве достигнет опасного предела засоления и потребуются устройство дренажа и промывка

$$t = H / M,$$

где  $M$  — оросительная норма, м.

При наличии дренажа время, когда содержание солей в почве достигнет опасного предела засоления,

$$t_{\text{пр}} = t / (1 - K_d),$$

где  $t$  — время, когда содержание солей в почве достигнет опасного предела засоления и потребуются устройство дренажа и промывка;  $K_d$  — коэффициент дренажного стока, равен 0,2...0,4.

*Пример.* Плотность почвы  $\alpha = 1,3$  г/см<sup>3</sup>; допустимое содержание солей  $P = 0,25$  %,  $\rho = 0,15$  %. Требуется определить время, когда содержание солей в почве достигает опасного предела засоления.

$$H = \frac{1,3 \cdot 0,25 \cdot 1,5}{0,15} = \frac{0,4875}{0,15} = 3,25 \text{ м, или } 32\,500 \text{ м}^3/\text{га.}$$

$$t = \frac{3,25}{0,4} = \frac{32\,500}{4000} = 8 \text{ лет.}$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{8}{1 - 0,3} = \frac{8}{0,7} = 11,1 \text{ года.}$$

Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, свидетельствуют о возможности использования для орошения различных сельскохозяйственных культур морской воды.

В состав растворенных солей морской воды входят ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ , преобладают  $\text{Cl}^-$  (до 80 %) и  $\text{Na}^+$ . До недавнего времени ионы  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+$  расценивались только как токсичные. Сейчас доказано, что хлор и натрий участвуют в процессе метаболизма. Урожай многих сельскохозяйственных культур снижается при отсутствии в питательных растворах хлора (данные О. Г. Грамматикати). Анион хлора участвует в восстановлении активности хлорофилла растений, а катион натрия полезен как микроэлемент.

Вдоль берегов Каспийского моря морской водой (средняя минерализация 12,8 г/л) можно оросить около 350 тыс. га бесплодных пустынных, сильнозасоленных земель. В прибрежной части Дагестана орошением морской водой можно в несколько раз повысить урожай многолетних трав и озимых зерновых культур.

В песчаных почвах при промывном режиме орошения морской водой не накапливается много солей, как это происходит на почвах, более тяжелых по механическому составу. Кроме того, пески хорошо промываются осадками холодного периода года и не нуждаются в дополнительной промывке.

Имеется также положительный опыт орошения морской водой сельскохозяйственных культур на суглинистых и средне-суглинистых почвах. Содержащиеся в морской воде микроэлементы уменьшают вредное действие натрия ( $\text{Na}^+$ ) на водно-физические свойства этих почв. Концентрацию натрия и хлора в корнеобитаемом слое понижают промывными поливами морской водой.

## § 22. Устройство прудов и водохранилищ для регулирования местного стока

Пруд — это водоем небольшого размера, вместимостью до 1 млн.  $\text{м}^3$ ; водохранилище — водоем вместимостью более 1 млн.  $\text{м}^3$ .

При выборе места под пруд или водохранилище необходимо иметь следующие топографические и гидрогеологические материалы:

план балки или реки в горизонталях. На нем намечают будущую плотину, а также прилегающий к ней участок земли, где планируется орошение сельскохозяйственных культур (масштаб 1:5000...1:10 000 с сечением горизонталей через 0,25 м);

план в горизонталях водосборной площади балки или реки в масштабе 1:50 000 с сечением горизонталей через 2 м;

многолетние данные (15 лет и более) по поверхностному стоку применительно к балке или реке, где будут строить пруд или водохранилище;

данные о потребном количестве воды для орошения сельскохозяйственных культур, водоснабжения и других нужд хозяйства или группы хозяйств, которые заинтересованы в строительстве;

сведения о гидрогеологическом строении дна балки или русла реки. В этих случаях обычно отрывают шурфы глубиной 2,5...3 м по оси будущей плотины, вдоль балки или реки до места подпора воды и на боковых склонах балки.

Основные требования к месту расположения пруда или водохранилища:

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

берега балки или реки должны быть по возможности крутыми, чтобы накопившаяся вода не затапливала прилегающие земли, а в случае обвалования от затопления пойменных и других земель объем этих работ незначительный. Уклон балки не должен выходить за пределы 0,005...0,01. Малые уклоны нехороши тем, что для создания необходимой глубины нужна высокая плотина, что может привести к подтоплению земель. При большой длине балки и выраженном уклоне устраивают каскад водохранилищ; пруд или водохранилище следует располагать ближе к территории орошаемого участка. Во избежание загрязнения его строят, как правило, выше населенного пункта;

дно и откосы балки должны быть сложены маловодопроницаемыми грунтами: однородными суглинками толщиной не менее 1,5 м, подстилаемыми на глубине 3...4 м глинами или тяжелыми суглинками. Нельзя строить водохранилища на песках и трещиноватых породах (мел, известь, мергель, опока) без близкого и мощного водоупора. Если водопроницаемые породы имеют небольшую мощность и на глубине 2...3 м подстилаются водоупором, в теле плотины устраивают замок или шпунтовый ряд;

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

ющие овраги, то во избежание быстрого заиливания водохранилища их можно включать в чашу водохранилища только после соответствующего закрепления;

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

створ плотины следует выбирать в таком месте, чтобы сброс ее, в материковой части, проходила пологая балка — лощина или небольшой рукав реки, которые можно было бы использовать для устройства водосбросных сооружений. Если такие места обнаружить не удастся, то водосбросный канал строят в обвод плотины, а грунт, вынимаемый при этом, идет в тело плотины.

Для защиты прудов и водохранилищ от чрезмерного испарения и заиления по берегам балки оставляют нераспаханную залуженную полосу шириной 20...30 м. Ее засаживают деревьями и кустарниками.

В лесостепной и степной зонах вдоль прудов и водохранилищ высаживают иву, тополь, дуб, березу, клен, ясень, вяз, липу, лиственницу, сосну и др.

Во избежание засорения воды падающими листьями и ветками расстояние от посадок до уреза воды принимают не менее 10 м.

С целью защиты от водной эрозии и более полного перехвата талых и ливневых вод по верхней границе лесной полосы устраивают нагорный канал. Он отводит воду в естественные ложбины или в специальные сооружения — ливнеспуски.

Верховья балок также обсаживают деревьями.

## § 23. Определение объема пруда

Проектируемый пруд должен удовлетворять все расчетные потребности хозяйства в воде (орошение, водоснабжение, противопожарные цели и др.).

*Полный объем пруда* состоит из полезного и мертвого объемов.

*Полезный объем пруда*, в свою очередь, складывается из объема полезной водоотдачи и объема воды, теряемой на испарение и фильтрацию.

Наивысший уровень воды, до которого может регулярно наполняться пруд и который можно поддерживать длительное время в нормальных условиях эксплуатации пруда, называют *нормальным подпорным* (НПУ, рис. 11). При отметке НПУ в пруду размещается его полный объем.

Максимальный расчетный уровень воды, который наблюдается в пруду в течение короткого времени, обычно в период пропуска паводка называют *форсированным подпорным (ФПУ)*. Объем воды, заключенный в пруду между ФПУ и НПУ, представляет *призму форсировки*, или *сливную*. Высота этой призмы для прудов обычно составляет 0,8...1,5 м.

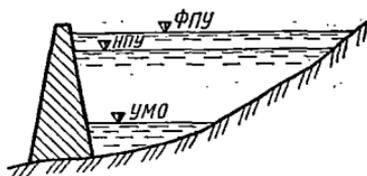


Рис. 11. Характерные уровни воды в пруду.

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

Полезный объем заключен в пруду между МПУ и УМО.

Объем воды ( $m^3$ ), необходимый для орошения,

$$V_{ор} = \omega M_{ср} / \eta,$$

где  $M_{ср}$  — средняя оросительная норма орошаемого севооборота,  $m^3/га$ ;  $\omega$  — орошаемая площадь нетто, га;  $\eta$  — КПД оросительной системы, для открытых систем равен 0,6...0,7, для закрытых — 0,8...0,9.

Объем воды для водоснабжения  $V_{вод}$  ( $m^3$ ) всех потребителей рассчитывают по нормам водопотребления:

$$V_{вод} = \sum nqT/1000,$$

где  $n$  — число водопотребителей;  $q$  — норма воды на одного водопотребителя, л/сут;  $T$  — продолжительность водопотребления, сут.

Количество воды, которое можно взять из пруда на хозяйственные нужды (орошение и водоснабжение), называют *полезной водоотдачей пруда*:

$$V_{п.в} = V_{ор} + V_{вод}.$$

Полезный объем пруда ( $m^3$ ):

$$V_{пол} = V_{п.в} + V_{пот},$$

где  $V_{п.в}$  — полезная водоотдача пруда,  $m^3$ ;  $V_{пот}$  — потери воды на испарение и фильтрацию,  $m^3$ , вычисляют отдельно.

Потери на испарение с водной поверхности, то есть испаряемость, определяют по формулам Б. В. Полякова, В. К. Давыдова или Н. Н. Иванова, по специальным картам изолиний годового испарения (годовое испарение умножают на среднюю площадь

водной поверхности водохранилища). Среднюю площадь водной поверхности водохранилища вычисляют как среднеарифметическое  $F_{м.о}$  и  $F_{нпу}$ .

Испарение с водной поверхности облесенного пруда примерно на 24 % ниже испарения со степного пруда. Облесение значительно сокращает скорость ветра и повышает влажность воздуха прилегающей территории. Заращение водоемов растительностью приводит к резкому увеличению потерь воды с водной поверхности пруда на испарение и уменьшение его полезного объема.

В степной и лесостепной зонах страны потери на испарение и фильтрацию в среднем составляют 20...25 % полезной водоотдачи пруда.

Полный объем пруда:

$$V_{полн} = V_{пол} + V_{м.о.}$$

Мертвый объем пруда назначают по условиям заиления. При этом исходят из того, что допустимый срок службы до очистки пруда должен быть не менее 40 лет.

Объем заиления ( $m^3$ ):

$$V_0 = V_x \% \psi \alpha,$$

где  $V_x\%$  — ежегодный приток воды расчетной обеспеченности,  $m^3$ ;  $\psi$  — количество взвешенных частиц,  $kg/m^3$  или  $t/m^3$ ;  $\alpha$  — коэффициент пористости наносов.

Откладывая объем заиления на графике (рис. 12), определяют высоту слоя заиления, а следовательно, и отметку уровня воды при мертвом объеме.

По санитарным нормам глубина пруда не должна быть меньше 1,5 м. Часто в прудах разводят рыбу и водоплавающую птицу.

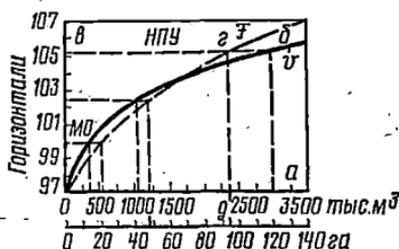


Рис. 12. Топографические кривые водохранилища.

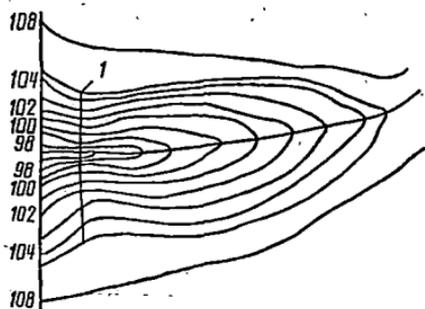


Рис. 13. Топографический план балки:

1 — ось плотины.

Поэтому следует определять и необходимую в таких случаях площадь поверхности воды при мертвом объеме  $F_{м.о.}$

При расчетах  $F_{м.о.}$  исходят из следующего:

1 га поверхности воды пруда должен давать не менее 150... 200 кг рыбы и столько же утиного мяса;

для нормальной перезимовки рыбы слой воды в пруду должен быть не менее 1 м с учетом толщины льда 1 м;

общая глубина мертвого объема  $h_{м.о.}$  по хозяйственным соображениям должна быть не менее 2 м.

Объем чаши пруда определяют по плану балки (рис. 13). Планиметром измеряют площадь, ограниченную горизонталями, начиная с горизонтали 98. Нижняя отметка чаши пруда 97, поэтому самый маленький объем:

$$V = hF_1/3,$$

где  $F_1$  — площадь, ограниченная нижней горизонталью с отметкой 98,  $m^2$ ;  $h$  — расстояние между горизонталями по вертикали (вертикальное сечение между горизонталями), м. На рисунке горизонтали проведены через 1 м. Следовательно,  $h = 1$  м.

Для вышерасположенных слоев воды пруда объем:

$$V_n = (F_{n-1} + F_n) h/2.$$

Объемы чаши от горизонтали 97 до  $n$ -й вычисляют последовательным суммированием объемов чаши пруда по отдельным слоям. Результаты вычислений сводят в таблицу 15.

#### 15. Данные для построения топографических кривых водохранилища

Горизонтالي	Площадь, га	Объем, тыс. м <sup>3</sup>	Объем чаши до данной горизонтали, тыс. м <sup>3</sup>	Горизонтали	Площадь, га	Объем, тыс. м <sup>3</sup>	Объем чаши до данной горизонтали, тыс. м <sup>3</sup>
97	0	—	—	102	42,5	325	875
98	6,0	75	75	103	55,0	475	1350
99	12,5	100	175	104	70,0	600	1950
100	20,0	150	325	105	87,5	876	2825
101	30,0	225	550	106	110,0	1175	4000

По данным таблицы 15 вычерчивают топографические кривые водохранилища, характеризующие изменение площади водной поверхности и объема чаши пруда при его наполнении от горизонтали 97 до 106 (см. рис. 12).

По топографическим кривым пруда, по глубине стояния воды в водохранилище можно быстро определить объем воды, находящийся в нем, площадь водной поверхности, а следовательно, и потери воды на испарение и фильтрацию в грунт.

Пример. Необходимый полный объем пруда для хозяйства 3 млн. м<sup>3</sup>. На горизонтальной шкале объемов находим соответствующее значение в точке  $\alpha$  и проводим линию  $ab$  до пересечения с кривой объемов и линию  $ba$  до оси ординат. Определяем, что объем воды 3 млн. м<sup>3</sup> заполняет чашу пруда до горизонтали 105,15. Проводя линию  $bc$  до пересечения с кривой площадей и линию  $cd$  до шкалы абсцисс, находим, что при объеме 3 млн. м<sup>3</sup> пруд имеет площадь водной поверхности 92 га.

Мертвый объем пруда 310 тыс. м<sup>3</sup> занимает нижнюю часть пруда до горизонтали 100, имеет площадь водной поверхности 21 га. Уровень воды в пруду будет колебаться от отметки 105,15 до 100. Средняя площадь водной поверхности равна 56 га, отметка 103,6. Между отметками 100 и 105,6 заключен полезный объем пруда, равный 2,69 млн. м<sup>3</sup>. Часть этого объема теряется на испарение и инфильтрацию в дно и берега пруда.

Если плана балки в горизонталях нет, то приближенно объем воды в пруду:

$$V = KNbL,$$

где  $N$  — наибольшая глубина воды у плотины пруда, м;  $b$  — ширина водной поверхности у плотины, м;  $L$  — длина пруда, м;  $K$  — коэффициент, характеризующий форму балки, равен  $1/4 \dots 1/16$ . При форме балки, близкой к треугольной,  $K = 1/16$ , к параболической  $K = 1/4$ .

## § 24. Гидрологический расчет пруда

Объем весеннего стока (м<sup>3</sup>), или приток воды в пруд:

$$W = 1000Fh_p,$$

где  $F$  — водосборная площадь, то есть территория, с которой вода стекает к месту постройки плотины, км<sup>2</sup>;  $h_p$  — слой весеннего стока с водосборной площади расчетной обеспеченности, мм.

Водосборную площадь определяют планиметром или обычным геометрическим путем по плану местности в горизонталях, где сооружают пруд (рис. 14). От оси плотины, намеченной на плане, проводят линию под прямым углом к горизонталям местности. Эта линия представляет собой водораздел, внутри нее и заключается водосборная площадь.

Если водосборная площадь небольшая, ее увеличивают за счет соседних бассейнов. Для этого устраивают водосборные валы с небольшим продольным уклоном (0,0008...0,001) вдоль горизонталей местности.

При проектировании прудов необходимо знать расчетный годовой сток обеспеченностью  $P$  (%), то есть такое значение стока  $h_p$ ,

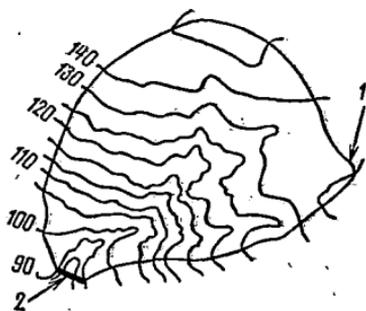


Рис. 14. План водосборной площади пруда:

1 — водораздел; 2 — ось плотины.

больше, которого в столетний период сток наблюдался  $P$  лет а  $(100 - P)$  лет сток был меньше, чем  $h_p$ . Для определения  $h_p$  строят кривую обеспеченности стока. С ближайших гидрометрической станции или постов берут данные по местному стоку за продолжительный ряд лет наблюдений (10 и более). Чем продолжительнее ряд наблюдений, тем точнее будет определен сток расчетной обеспеченности. Необходимый минимальный и достаточный ряд наблюдений для построения кривой обеспеченности стока — 10-летний. Данные наблюдений располагают в убывающем порядке независимо от их хронологической последовательности.

В нашем примере приведены данные наблюдений за стоком талых вод по ручью Кур Курской области в створе слободы Казацкой за 14 лет. Водосборная площадь 66 км<sup>2</sup>. Данные для построения кривой обеспеченности стока сводим в таблицу 16.

16. Данные расчета обеспеченности стока

Гидрологический ряд	Слой стока в убывающем порядке, мм	Обеспеченность $P$ , %	Гидрологический ряд	Слой стока в убывающем порядке, мм	Обеспеченность $P$ , %
1	140	3,62	8	53	53,4
2	125	10,7	9	51	60,6
3	94	17,8	10	45	68,7
4	85	25,0	11	34	75,0
5	78	32,0	12	30	82,3
6	73	39,3	13	29	89,3
7	68	46,3	14	23	96,7

Обеспеченность стока (%):

$$P = \frac{n - 0,5}{N} 100,$$

где  $n$  — порядковый номер члена гидрологического ряда;  $N$  — общее число членов гидрологического ряда. В нашем примере  $N = 14$ .

По данным таблицы 16 строим график (рис. 15).

Гидрологический расчет прудов, предназначенных для орошения, проводят на сток 75 или 50 %-ной обеспеченности, в зави-

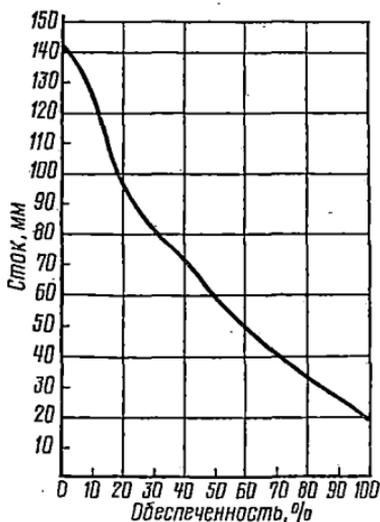


Рис. 15. Кривые обеспеченности стока ручья Кур.

симости от потребности данного хозяйства в воде. Сток 50 %-ной обеспеченности среднемноголетний. На рисунке 15 он составляет 57 мм. Это значит, что на водосборе ручья Кур в течение 5 из 10 или 50 из 100 лет сток будет равен этому значению или больше и 50 % лет сток будет меньше. Сток 75 %-ной обеспеченности равен 34 мм, следовательно, 75 % лет (75 из 100 лет) сток будет равен 34 мм или больше, а 25 % лет сток будет меньше 34 мм. Так, если водосборная площадь ручья Кур в слободе Казацкой равна 66 км<sup>2</sup>, а сток 75 %-ной обеспеченности составляет 34 мм, то объем стока при названной обеспеченности  $W = 1000 \cdot 66 \cdot 34 = 2244$  тыс. м<sup>3</sup>.

## § 25. Типы и конструкции плотин для задержания местного стока

Для задержания вод местного стока чаще строят земляные (из местных грунтов практически всех видов) плотины. Они пригодны для любых геологических и климатических условий, просты по конструкции, надежны и долговечны. Все работы по возведению таких плотин можно полностью механизировать.

Земляные плотины, как правило, выполняют глухими, то есть вода через их гребень не переливается. Они могут быть насыпными и намывными. Насыпные плотины возводят послойно отсыпкой сухих грунтов с последующим уплотнением. Для намывных плотин грунт разрабатывают, транспортируют и укладывают средствами гидромеханизации.

Для снижения фильтрации через земляные плотины применяют различные противофильтрационные устройства (экран, ядро, диафрагма).

По конструкции поперечного профиля земляные плотины могут быть однородными и неоднородными (рис. 16).

На водотоках и ручьях в качестве наливных подпорных часто используют мягкие резиноканевые плотины (рис. 17). Оболочку их укладывают на тщательно выровненное и уплотненное дно временного водотока в заранее намеченном створе и закрепляют анкерными устройствами. Непосредственно на грунт также кладут полотно, заменяющее в верхнем бьефе понур, а в нижнем — рисберму. Оболочку плотины наполняют водой.

Мягкие наливные плотины дешевле земляных, быстрее монтируются и демонтируются, удобны для устройства запруд, создания водоемов глубиной до 3 м. Через них можно пропускать расходы воды весенних и летних ливневых паводков.

Размеры поперечного профиля плотины (рис. 18) зависят от ее типа, высоты, характера грунтов основания, условий строительства и эксплуатации.

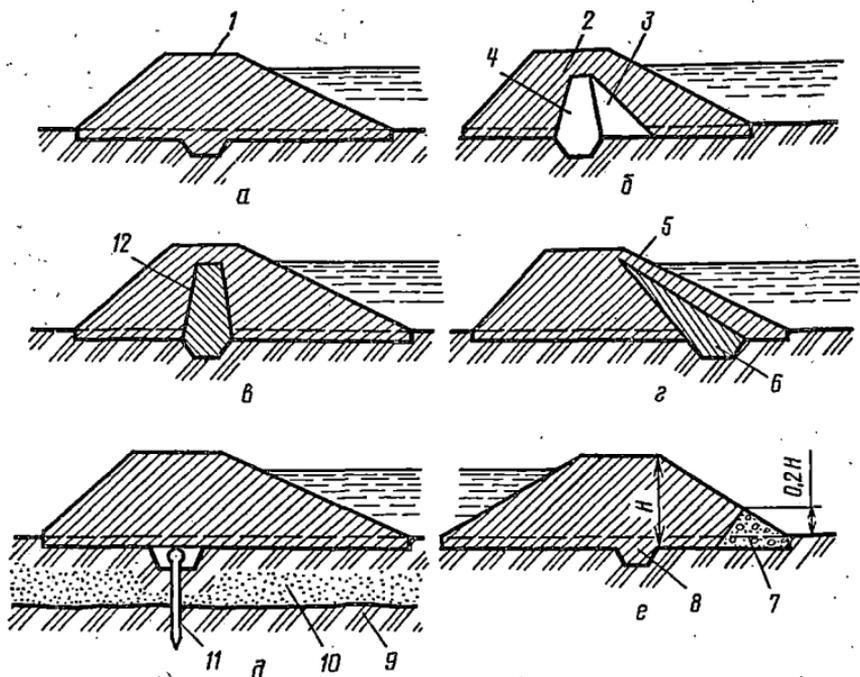


Рис. 16. Конструкции земляных плотин:

*a* — из однородного грунта с замком; *б*, *в* — с глиняным ядром и замком; *г* — с глиняным экраном; *д* — из однородного грунта со шпунтом; *е* — из однородного грунта с дренажной песчано-гравелистой отсыпкой; 1 — гребень плотины; 2 — супесь; 3 — суглинок; 4 — глина; 5 — песчаный грунт; 6 — глиняный зуб; 7 — песчано-гравелистая отсыпка (дренаж); 8 — замок; 9 — водоупорный слой; 10 — песок; 11 — шпунтовой ряд; 12 — ядро.

Гребень — самая высокая часть плотины. Ширину его определяют с учетом типа плотины, проезда транспорта и эксплуатационных требований. Если проезд по гребню не предусматривается, его ширину назначают не менее 3 м; если по гребню будет проходить автомобильная дорога, его ширину принимают 10... 12 м.

Высоту плотины выбирают с таким расчетом, чтобы через гребень не переливалась вода. Поэтому превышение гребня плотины над ФПУ определяют с учетом высоты наката волны на откос и ветрового нагона. Это превышение обычно составляет 1... 1,5 м.

В процессе эксплуатации возможна осадка плотины в

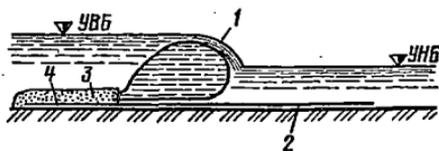


Рис. 17. Конструкция резиноканальной плотины:

1 — мягкая оболочка (затвор); 2 — полотно водобоя с рисбермой; 3 — пригрузка; 4 — гибкий понур в виде полотнища.

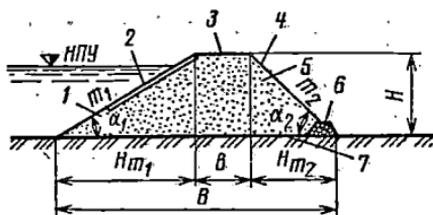


Рис. 18. Элементы поперечного профиля земляной плотины:

1, 4 — верховой и низовой откосы; 2 — крепление откоса; 3 — гребень плотины; 5 — тело плотины; 6 — дренажная призма; 7 — основание плотины;  $b$  — ширина плотины по гребню;  $B$  — ширина плотины понизу;  $H$  — высота плотины;  $m_1, m_2$  — коэффициенты заложения верхового и низового откосов.

низового — соответственно 1:1,5...1:2, 1:2...1:2,5 и 1:2,5...1,3.

В целях предохранения верхового откоса от разрушения применяют различные виды его крепления — каменную наброску, бетонные монолитные и железобетонные плиты, асфальтобетонные покрытия, биологическое крепление (высаживают древесные и кустарниковые породы). Наиболее дешевое и надежное крепление — биологическое.

Древесные насаждения (обычно ива кустарниковая и древоидная) высаживают на откосе весной, после пропуска весеннего паводка, по урезу воды (НПУ). Хорошо развитые кустарники обеспечивают полное гашение волн у поверхности откоса, и даже в ветреную погоду вода у откосов плотины находится в спокойном состоянии. Поэтому смыва и разрушения грунта на откосе с биологическим креплением не бывает. Корневая система, пронизывая грунт на глубину 30 см, придает плотине большую прочность и долговечность.

В некоторых случаях целесообразно устройство пологих волноустойчивых верховых откосов. В специальном креплении они не нуждаются.

Низовые откосы для предохранения от разрушения засевают многолетними травами или обкладывают дерном.

Принимают и отводят фильтрационные воды в плотинах дренажи из проницаемых материалов (песок, щебень, каменная наброска) или труб, защищенных от заиления фильтрующими материалами.

Для снижения фильтрации под основанием плотины устраивают замок (как правило, из глины) шириной понизу 1...1,5 м с откосами 1:0,5 или 1:1. Его врезают в водоупорный слой на глу-

результате уплотнения грунтов в ее теле и основании. Поэтому строительную высоту плотины принимают больше проектной на значение предполагаемой усадки (обычно на 5...10 %).

Откосы плотины должны обеспечивать устойчивость сооружения и его основания при всех возможных условиях строительства и эксплуатации плотины. Заложение верхового откоса назначают для суглинков 1:2,5...1:3, супесей 1:3...1:3,5, песков 1:3,5...1,4;

бину 0,5...1 м. Если водоупорный слой залегает глубже 3 м, то обычно сверху (на глубину 2...3 м) создают замок, а ниже, до водоупорного слоя (в глубь него на 0,5 м) забивают шпунтовую стенку.

Фильтрацию через тело плотины уменьшают экраном из мятой глины или полиэтиленовой пленки. Экран укладывают вдоль мокрого откоса на глубине 0,7...0,8 м и покрывают слоем крупнозернистого песка 0,7...0,8 м. Гребень его должен быть на 0,6...0,8 м выше отметки ФПУ и на 1...1,2 м ниже отметки гребня плотины. Толщину экрана сверху принимают 0,8 м, снизу — до 2 м.

## § 26. Отсыпка земляных плотин

На местности разбивают и закрепляют ось плотины, относительно оси намечают контуры плотины, замка и гребня. Одновременно отмечают контуры водосбросного сооружения и карьеров, откуда будут забирать грунт для отсыпки.

На всей площади будущего основания плотины вырубают кустарники и деревья, удаляют пни и камни, снимают растительный слой на глубину 0,25...0,35 м и вывозят за пределы низового откоса. Грунт основания рыхлят для лучшего сопряжения с отсыпаемым грунтом.

Перед заполнением ложе водохранилища также очищают от камней, древесной растительности. Для предотвращения зарастания берегов и создания устойчивых откосов мелкие места водохранилища углубляют.

Оптимальная влажность грунта, отсыпаемого в тело плотины: супесчаного 9...14 %, суглинистого 12...20 %, глинистого 20...28 % массы абсолютно сухой почвы. Сухой грунт смачивают при отсыпке.

Отсыпку плотины начинают с пониженных мест и выполняют по всей площади горизонтальными слоями не более 0,25 м. Каждый слой разравнивают и уплотняют машинами, подводящими грунт, кулачковыми или гладкими катками. Степень уплотнения проверяют плотномером.

Тело плотины с берегами балки сопрягают по наклонным плоскостям с короткими уступами.

Общий объем земляной плотины определяют по отдельным отрезкам. Для этого вычисляют среднюю площадь сечения отрезка  $F_{cp}$  (м<sup>2</sup>) и умножают на его длину  $L$  (м).

Объем земляных работ находят и по упрощенной формуле:

$$V_{з.р.} = 0,25(b + B) H L,$$

где  $H$  — строительная высота плотины, м;  $L$  — длина гребня плотины, м;  $b, B$  — ширина плотины поверху и в основании, м.

## § 27. Устройство водопропускных сооружений для прудов и водохранилищ

Водопропускные сооружения подразделяют на водосборы и водоспуски.

*Водосбросы* предотвращают переполнение водохранилища и разрушение тела плотины в период паводков и ливней. Их рассчитывают на пропуск максимального мгновенного паводкового расхода расчетной обеспеченности (вероятности превышения). Расчетную обеспеченность максимальных расходов устанавливают в зависимости от класса сооружений по нормативным документам. Плотины прудов, задерживающих местный сток, в большинстве случаев относятся к IV классу, и расчетную обеспеченность максимальных расходов воды для них принимают равной 1 %.

Водосбросы могут быть автоматическими и управляемыми. При подъеме воды в пруду выше НПУ автоматический водосброс включается в работу. В управляемых водосбросах для поддержания уровня воды в водохранилище на отметке НПУ головную часть оснащают затворами, которые открывают для пропуска паводковых вод.

На прудах, задерживающих местный сток, наиболее распространены автоматические водосбросы (рис. 19), поскольку они более просты в эксплуатации.

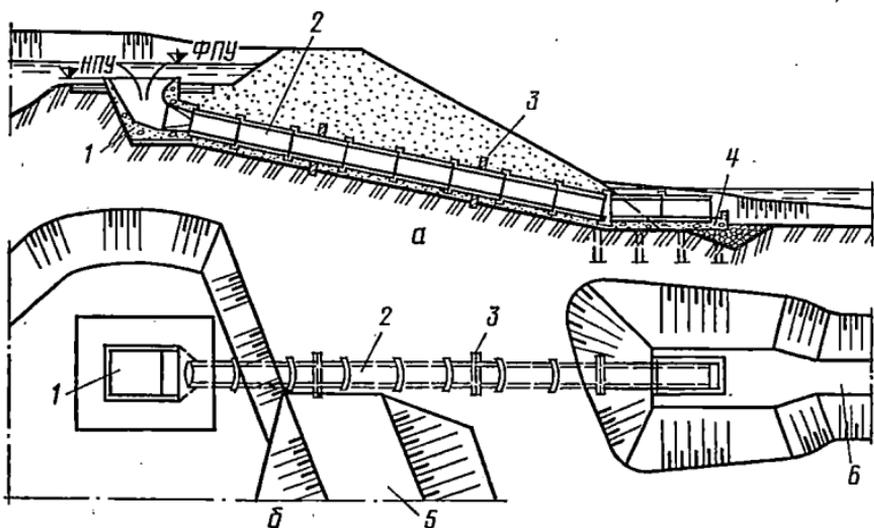


Рис. 19. Схема автоматического трубчатого водосброса:

а — продольный разрез по оси водосброса; б — план; 1 — входной оголовок; 2 — железобетонные трубы; 3 — диафрагма; 4 — железобетонная плита на сваях; 5 — плотина; 6 — отводящий канал.

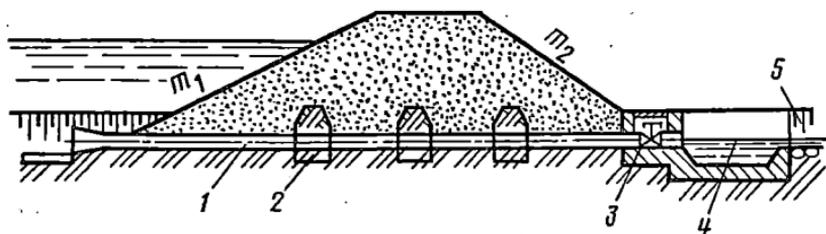


Рис. 20. Схема донного водоспуска:

1 — напорная труба; 2 — диафрагма; 3 — задвижка; 4 — водобойный колодец; 5 — отводящий канал.

По конструктивным особенностям водосбросы делятся на открытые (открытые каналы, быстротоки, перепады) и закрытые (из железобетонных труб).

Водоспуски необходимы для осуществления полезных попусков из пруда или водохранилища в целях орошения, водоснабжения, частичного или полного опорожнения и др. Их устраивают из металлических, железобетонных и асбестоцементных труб. При заборе воды на полезные нужды трубы укладывают на отметке УМО. Для опорожнения пруда или водохранилища устанавливают донные водоспуски (трубы укладывают на самых низких отметках дна балки). Часто донные водоспуски используют и для подачи воды на орошение.

Наиболее простой водоспуск (рис. 20) выполняют в виде напорной трубы в основании плотины и оснащают задвижкой. К выходному концу трубы могут быть присоединены всасывающие трубопроводы насосной станции. Входное отверстие трубы оборудуют сорозадерживающей решеткой. Для уменьшения фильтрации по поверхности контакта трубы с грунтом по длине водоспуска устанавливают диафрагмы. На выходной части во избежание размыва грунта устраивают водобойный колодец.

## § 28. Эксплуатация прудов и водохранилищ

Эксплуатацию прудов и водохранилищ подразделяют на техническую эксплуатацию плотины и ее сооружений и на эксплуатацию водоема. Мероприятия по технической эксплуатации включают:

подготовку плотины и водосливных сооружений к пропуску весенних талых и ливневых вод;

проведение режимных наблюдений и регулирование уровней, а следовательно, и объемов воды в водохранилище согласно гидрологическим и хозяйственным прогнозам и потребностям;

аварийный, профилактический, текущий и капитальный ремонт плотины и сооружений.

Перед пропуском паводковых вод (одно из важнейших эксплуатационных мероприятий) должны быть проведены следующие работы:

выявлен прогноз ожидаемого паводка и возможные сроки его прохождения в данном водном бассейне;

подготовлены мешки с землей, хворост, пиломатериалы, колья, пластыри, карьеры и резервы земли (на случай подсыпки гребня, мокрого и сухого откосов при опасности их разрушения, а также насыпки бермы при вспучивании сухого откоса), запас взрывчатки (для ликвидации заторов льда у входных отверстий водосливных сооружений), рабочий инвентарь;

с осени и рано весной, пока водохранилище не заполнено водой, тщательно отремонтированы откосы плотин и их покрытия, заделаны швы между железобетонными и бетонными плитами, продольные и поперечные трещины в теле плотины, оправлена и, где необходимо, восстановлена каменная отмостка, проверены состояние гребня, работа фильтра, щитовых и подъемных устройств водосливных сооружений, исправлены дефекты в понуре, флютбете и рисберме, отремонтированы водоочистные колодцы гидротехнических сооружений и др. Во избежание разрушения сухого откоса ливневыми дождями систематически скашивают травой, восстанавливают кюветы, сбросные каналы и лотки;

организовано круглосуточное дежурство, создана бригада по пропуску паводковых вод, выделено необходимое число самосвалов, скреперов, бульдозеров и экскаваторов, установлена бесперебойная телефонная связь с водохозяйственными и другими районными и областными организациями.

Режимные наблюдения за уровнями и объемами воды в водохранилище позволяют: подавать воду на орошение и водоснабжение ферм в соответствии с графиками потребления воды; выявлять резервы воды для проведения осенних влагозарядковых поливов; изменять регулируемую вместимость водохранилища с учетом гидрологических прогнозов, то есть при опасности большого паводка сбрасывать излишки воды.

В период эксплуатации следует выполнять и профилактический ремонт. Он заключается в проведении защитных мероприятий, исключающих возможность появления тех или иных деформаций в сооружениях.

Текущий ремонт осуществляют каждый год по заранее составленному графику. Он включает замену отдельных частей сооружений в связи с износом материала, а также ликвидацию дефектов, обнаруженных после сдачи объекта в эксплуатацию.

Капитальный ремонт выполняют строительные организации при необходимости устранения серьезных и крупных поврежде-

ний, реконструкции узла сооружений, вызванной изменением проектных размеров или коренной перестройкой плотины.

К хозяйственным эксплуатационным мероприятиям относятся:

залужение и восстановление травостоя в защитной полосе вдоль водохранилища;

очистка нагорных каналов и ремонт водосливных сооружений;

уход за древесными и кустарниковыми насаждениями вдоль водохранилища и в верховьях впадающих балок, а также устройство запруд в местах, опасных в противозерозионном отношении;

сгребание и сжигание листьев и другого опада древесных насаждений во избежание засорения водохранилища;

установление мест скотопргона и подготовка специальных площадок для водопоя скота. Во избежание загрязнения водохранилища площадки для водопоя скота устраивают ниже плотины, в местах водовыпускных сооружений;

предохранение водохранилища, особенно мелких мест, от зарастания и восстановление разрушенных откосов. Для борьбы с зарастанием используют механические и биологические средства (разведение травоядной рыбы, толстолобика и амура);

зарыбление водохранилища ценными породами рыбы (каarp, лещ, линь и др.). При разведении рыбы пускают по 400...500 годовиков (сеголеток) на 1 га поверхности воды;

разведение водоплавающей птицы. При разведении гусей вдоль водохранилища оставляют залуженные места;

оборудование помоста и подъездных путей для забора воды или места для насосной установки с подводящим трубопроводом в случае использования водохранилища для тушения пожара.

## Глава 6. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

### § 29. Типы и состав оросительных систем

Оросительные системы должны обеспечивать: регулирование водного и воздушного режимов почвы в соответствии с потребностями выращиваемых культур; высокую производительность труда на поливе, экономное использование поливной воды, энергии и ресурсов; возможность широкой механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства; полное полезное использование земельной территории; высокую надежность и удобство эксплуатации с применением автоматизации и телеуправления; минимум приведенных затрат на строительство и экс-

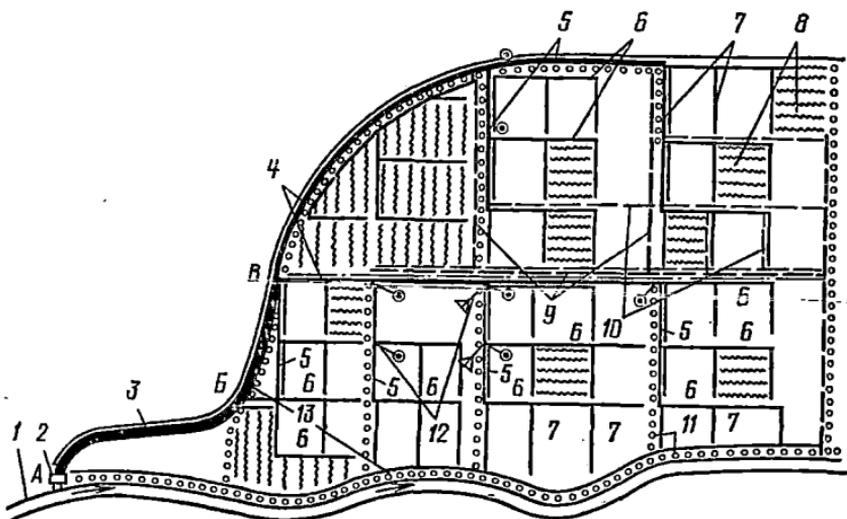


Рис. 21. Схема оросительной системы:

1 — источник орошения; 2 — головной водозабор; 3 — магистральный канал (А—В — холостая часть; В—В — рабочая часть); 4, 5, 6, 7 — распределители соответственно межхозяйственные, хозяйственные, севооборотных участков, участковые; 8 — временные оросители; 9 — межхозяйственная и внутрихозяйственная водосбросная сеть; 10 — полевые и хозяйственные дорожки; 11 — лесозащитные полосы; 12 — сооружения на оросительной и дорожной сети; 13 — вспомогательные устройства.

платацию системы; санитарно-гигиенические требования. Они могут быть межхозяйственными (на территории нескольких хозяйств) и внутрихозяйственными (в пределах одного хозяйства).

По характеру водозабора оросительные системы подразделяют на самотечные (вода поступает в систему самотеком) и с механическим водозабором (воду из источника подают насосные станции). Их выполняют открытыми (в виде открытых каналов или лотков), закрытыми (из напорных и безнапорных трубопроводов) и комбинированными (крупные элементы открытые, остальные закрытые).

Регулярно действующая оросительная система включает следующее (рис. 21):

- орошаемые земли;
- водоисточник (река, водохранилище, озеро, скважина);
- головное водозаборное сооружение (плотина, насосная станция; головной шлюз и др.);
- проводящую оросительную сеть (каналы, лотки, трубопроводы) для транспортировки воды до орошаемого поля;
- регулирующую сеть для распределения воды по орошаемому полю;
- водосбросную и дренажную сеть;

дорожную, телефонную и электрическую сеть, производственные постройки;

сооружения на оросительной, водосборной, дренажной и дорожной сети;

полезащитные лесные насаждения.

### § 30. Водозаборные сооружения

Водозаборные сооружения забирают воду в оросительную систему из водоисточника. Они должны: обеспечивать бесперебойную подачу воды в соответствии с планом водопользования на системе независимо от колебаний уровней воды в водоисточнике; не допускать попадания из водоисточника в систему песчаных и гравелистых донных наносов и ограничивать поступление взвешенных; предохранять систему от поступления избыточных вод во время паводков, а также плавающих тел, льда, шуги; быть прочными, долговечными, надежными и безопасными в эксплуатации; иметь необходимые водомерные устройства для учета количества воды, забираемой в систему.

Водозаборные сооружения подразделяют на самотечные

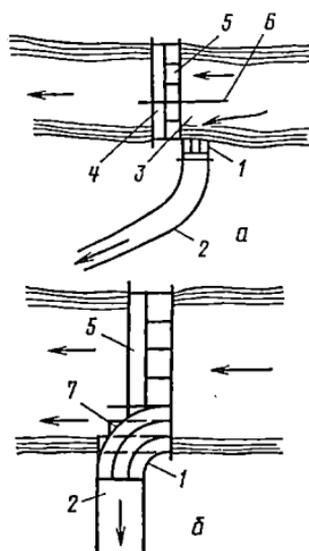
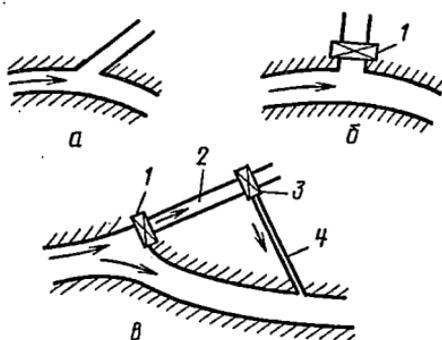


Рис. 22. Схемы бесплотинных водозаборных узлов:

*а* — нешлюзованный без отстойника; *б* — отшлюзованный без отстойника; *в* — с головным шлюзом-регулятором в начале отстойника и шлюзом-регулятором с донными промывными отверстиями в конце отстойника; 1 — головной шлюз-регулятор; 2 — отстойник; 3 — шлюз-регулятор с донными промывными отверстиями; 4 — сбросной канал.

Рис. 23. Схема плотинных водозаборных узлов:

*а* — карманного типа; *б* — с фронтальным водозабором; 1 — головной регулятор; 2 — магистральный канал; 3 — карман; 4 — промывной шлюз; 5 — водоподъемная плотина; 6 — разделительная стенка; 7 — наносоперехватывающая галерея.

(обеспечивают подачу воды самотеком) и механические (вода из источника орошения к орошаемой площади подается насосами).

*Самотечные водозаборы* могут быть бесплотинными и плотинными. Бесплотинные водозаборы (рис. 22) сооружают в том случае, если самотечная подача воды в систему возможна при естественных уровнях и расходах в реке без их регулирования; плотинные (рис. 23) — когда естественные уровни или расходы воды в реке не позволяют подавать воду в систему самотеком и самотечную подачу воды обеспечивает водоподъемная плотина.

Наиболее распространены плотинные водозаборы, поскольку возможности орошения без регулирования речного стока в большинстве районов развитого орошения нашей страны практически исчерпаны.

Тип и конструкцию водозабора принимают с учетом многих

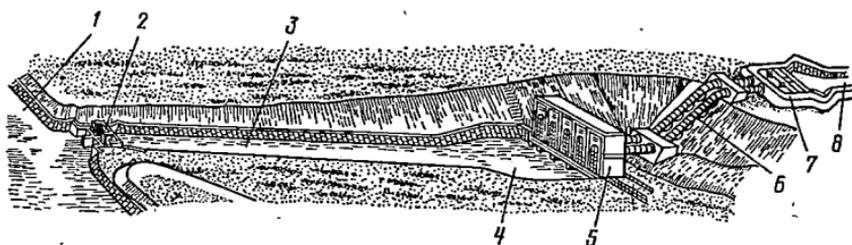


Рис. 24. Стационарная насосная станция:

1 — водосточник; 2 — шлюз-регулятор; 3 — подводящий канал; 4 — аванкамера; 5 — здание насосной станции; 6 — напорный трубопровод; 7 — водовыпуск в напорный бассейн; 8 — машинный канал.

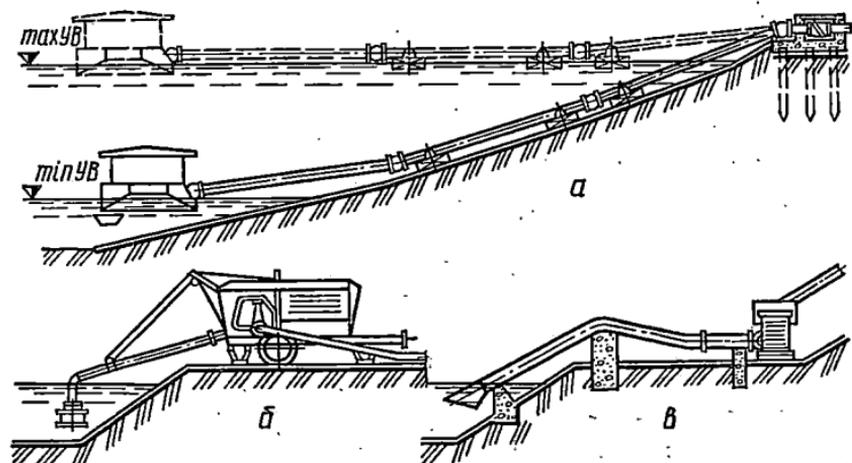


Рис. 25. Схемы плавучих и передвижных насосных станций:

а — плавучая с многосекционным плавучим соединительным трубопроводом; б — передвижная СНП 50/80; в — передвижная СНП 500/10.

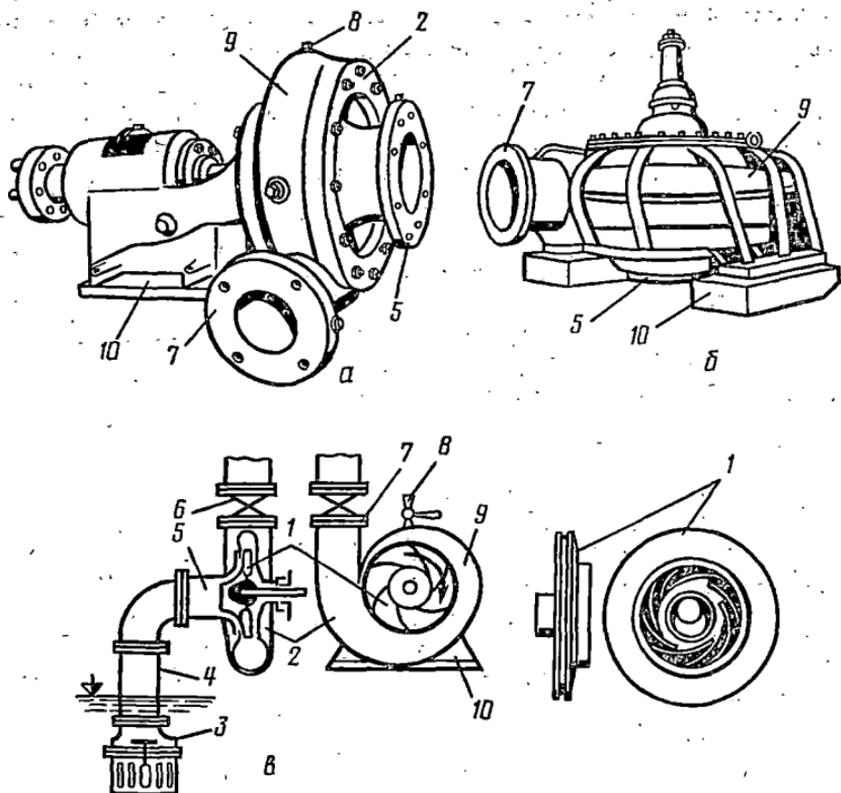


Рис. 26. Центробежные насосы:

*а, б* — внешний вид; *в* — схема, поясняющая принцип действия; *1* — рабочее колесо; *2* — корпус; *3* — приемный клапан с сеткой; *4* — всасывающий трубопровод; *5* — крышка корпуса со всасывающим патрубком; *6* — задвижка; *7* — напорный патрубок; *8* — пробка отверстия для заполнения корпуса насоса водой; *9* — улитка; *10* — опора.

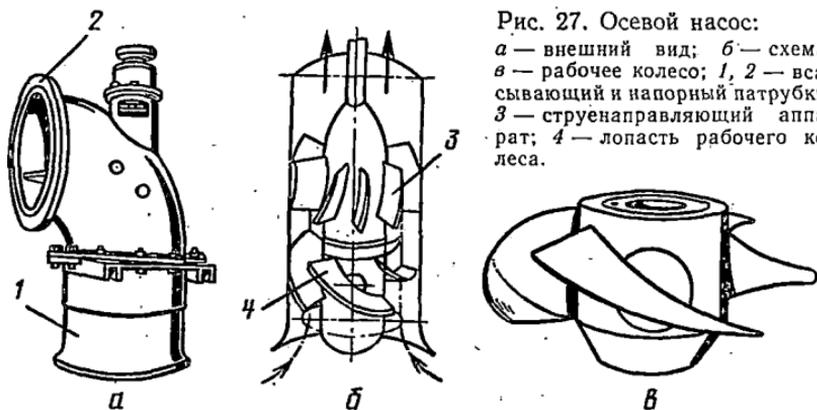


Рис. 27. Осевой насос:

*а* — внешний вид; *б* — схема; *в* — рабочее колесо; *1, 2* — всасывающий и напорный патрубки; *3* — струенаправляющий аппарат; *4* — лопасть рабочего колеса.

факторов: топографических и геологических условий, гидрологического режима реки, количества наносов и др.

Для предотвращения заиления каналов оросительной системы водозаборы оборудуют отстойниками. Отстойник выполняют в виде бассейна с большой площадью поперечного сечения. Благодаря малой скорости течения воды в нем наносы осаждаются, потом их удаляют из отстойника (механической очисткой или гидравлической промывкой).

*Механические водозаборы* позволяют орошать земли, расположенные значительно выше водоисточника. Насосную станцию, забирающую воду из источника орошения, называют головной или 1-го подъема. При большой высоте подъема, кроме головной, сооружают несколько последовательно расположенных насосных станций (2-го, 3-го подъема и т. д.) — перекачивающих. Забирают воду из открытых каналов и подают по закрытой сети к дождевальным машинам подкачивающие насосные станции.

Насосные станции могут быть стационарными (рис. 24), плавающими и передвижными (рис. 25).

Стационарные насосные станции оборудуют центробежными (рис. 26) и осевыми (рис. 27) насосами. Для привода насосов в действие используют электрические двигатели, реже — внутреннего сгорания.

Плавающие насосные станции применяют в тех случаях, когда строительство стационарных технически трудно осуществимо или экономически нецелесообразно: при больших колебаниях уровней воды (более 5 м) в водоисточнике, неустойчивых берегах, подверженных размыву, и др. Они представляют собой плавучий корпус из металла или железобетона, внутри которого установлены насосы, двигатели, всасывающие и напорные коммуникации и различное вспомогательное оборудование. Вода поступает на берег по соединительным трубопроводам.

Для орошения небольших участков используют передвижные насосные станции. Их монтируют на рамах и прицепах, имеющих колеса или полозья. Привод насосов — от вала отбора мощности трактора, на который навешивается насосная станция, или от дизельных и электрических двигателей, смонтированных вместе с насосами.

### § 31. Проводящая и регулирующая сеть

Оросительную сеть по выполняемым функциям делят на проводящую и регулирующую.

Проводящая сеть включает крупные постоянные каналы: магистральный, или главный, канал, трубопровод или лоток, забирают воду из источника орошения и подводят ее к орошае-

мой территории. Чтобы канал или трубопровод мог оросить большую площадь, его выполняют по командным, то есть более высоким, отметкам территории;

межхозяйственный распределитель, забирает воду из магистрального канала и подает ее на территорию нескольких колхозов и совхозов;

хозяйственный распределитель, забирает воду из межхозяйственного распределителя и подает ее на территорию одного хозяйства (колхоз или совхоз);

межучастковый или межбригадный распределитель, подает воду на несколько севооборотных или бригадных участков;

участковый распределитель, подает воду только на один севооборотный или бригадный участок;

групповой ороситель или трубопровод, забирает воду из участкового распределителя и подает ее на территорию, закрепленную за механизированным отрядом, который объединяет от 3 до 5 механизированных звеньев. Групповой ороситель — последний элемент проводящей сети.

К регулирующей сети относятся мелкие временные каналы: временные оросители, подают воду на поле площадью 4...10 га. Их весной нарезают каналокопателями, а осенью заравнивают. Если временный (картовый) ороситель обслуживает площадь 20 га и более, то его делают постоянным и полив проводят из этого канала по схеме: постоянный канал — выводные и поливные борозды (полосы);

выводные борозды, поливные полиэтиленовые и другие трубопроводы, забирают воду из картových оросителей или из гидрантов поливных трубопроводов и подают ее на поливную площадку, ограниченную двумя выводными бороздами или поливными трубопроводами. Поливные площадки (1...3 га) обычно в 4...5 раз меньше площади карты. Размер их зависит от степени выровненности поверхности поля, то есть длины поливных борозд или полос: чем ровнее поверхность, тем больше поливная площадка;

распределительные, или секционные, борозды, забирают воду из выводной борозды и подают ее на секцию борозд. Секция обычно объединяет 10...20 поливных борозд. Распределительную борозду устраивают рядом с выводной каналокопателем или вручную объединением поливных борозд;

поливная сеть — поливные борозды, полосы, чеки, внутрипочвенные увлажнители, которыми поливная вода распределяется по полю. Внутрипочвенные увлажнители прокладывают на глубину 0,5...0,6 м на расстоянии один от другого 1,2...1,5 м.

Регулирующую сеть можно устраивать из закрытых и открытых быстроразборных трубопроводов.

## § 32. Водосбросная, дренажная и дорожная сеть

*Водосбросную и дренажную сеть* создают для защиты от затопления и заболачивания, а следовательно, и возможного засоления почвогрунтов на орошаемой территории. В сочетании с оросительной она обеспечивает двустороннее регулирование водного режима почв.

К водосбросной и дренажной сети относятся:

каналы оградительной сети — нагорные, нагорно-ловчие и ловчие, не допускают поступления поверхностных и подземных вод на орошаемый участок;

главный водосбросный канал, или коллектор, прокладывают по самым низким отметкам орошаемой территории, отводит сбросные и дренажные воды с орошаемого массива;

межхозяйственный водосбросный канал, или коллектор, принимает и отводит сбросные и дренажные воды с территории нескольких колхозов и совхозов;

хозяйственный водосбросный канал, или коллектор, принимает и отводит сбросные и дренажные воды с территории одного хозяйства колхоза или совхоза;

межучастковый или межбригадный водосбросный канал, или коллектор, принимает и отводит сбросные и дренажные воды, поступающие с территории, закрепленной за севооборотными или бригадными участками;

участковый или бригадный водосбросный канал, или коллектор, принимает и отводит сбросные или дренажные воды, поступающие с территории, закрепленной за одним севооборотным или бригадным участком;

мелкая водосбросная сеть — поливная карта, чек, площадка, устраивают на мелких участках.

*Дорожная сеть* обеспечивает передвижение тракторов, машин, подвоз семян и удобрений, транспортировку урожая, надзор за состоянием и работой оросительных каналов и сооружений.

Основные дороги на оросительной системе:

главная — вдоль главного оросительного канала и коллектора;

межхозяйственная — вдоль межхозяйственного канала и коллектора;

хозяйственная — вдоль хозяйственного распределительного канала и коллектора;

межучастковая — вдоль межучасткового распределителя и коллектора;

участковая — вдоль участкового или бригадного канала и коллектора;

полевые — вдоль постоянных каналов, лесных полос и границ

полей; их делают постоянными. При дождевании полевые дороги проходят вдоль оросительных каналов или полевых трубопроводов; из которых машины забирают воду. На орошаемых пастбищах полевые дороги устраивают не только для движения машин, но и для прогона скота.

Дороги вдоль крупных каналов, обеспечивающие подъезд к крупным гидротехническим сооружениям, называют *эксплуатационными*. Они, как правило, имеют гравийное или асфальтовое покрытие.

Внутрихозяйственные дороги выполняют улучшенного профиля с гравийным покрытием. Нередко их кюветы одновременно являются и водосбросом. Полевые дороги обычно делают грунтовыми.

Вдоль дорог на оросительной системе обязательно высаживают различные деревья.

### § 33. Полезащитные лесные полосы

Во избежание эрозии и заиления крутые склоны и трассы вдоль крупных каналов оросительной и водосбросной сети засаживают лесом. Полезащитные лесные полосы создают и по контуру каждого севооборотного или бригадного участка. Они также снижают скорость ветра, а следовательно, улучшают микроклимат приземного слоя воздуха и уменьшают потери оросительной воды на испарение, затеняют русло каналов и не дают развиваться сорной растительности. В зоне фильтрации крупных оросительных, водосборных и дренажных каналов и водохранилищ лесные посадки выполняют роль биологического дренажа.

Древесные породы в каждом случае подбирают с учетом почвенных и климатических условий.

Лес вдоль каналов и дорог не должен мешать механизированной очистке и ремонту каналов и сооружений. Поэтому лесные культуры сажают с одной стороны канала или оставляют проходы вдоль него.

Вдоль каналов деревья высаживают в 2, 3 ряда, вдоль дорог — в 3, 4. Расстояние между рядами при условии механизированного ухода должно быть 2,3...2,5 м, в ряду после прореживания — не более 2 м. Посадку древесных культур сочетают с кустарниковой растительностью. Кустарники высаживают по краям полосы, а также в ряду деревьев. Со стороны господствующих ветров ширину лесной полосы увеличивают до 20...30 м. Она должна включать высокоствольные деревья с хорошо развитой кроной.

Для степных и лесостепных районов СССР рекомендуются следующие породы деревьев и кустарников: тополь пирамидальный, дуб, акация белая, береза, вяз обыкновенный и узколист-

ный, ильм, клен, лиственница, липа мелколистная, шелковица белая, груша, слива, вишня, яблоня, бересклет, лох, желтая акация, ирга, лещина, жимолость, боярышник, гледичия.

В районах Средней Азии и Закавказья лесные полосы можно создавать из тополя пирамидального, шелковицы, акации белой, грецкого ореха, карагача, груши, абрикоса, яблони, лоха, боярышника, граната и др.

### § 34. Конструкция и элементы поперечного профиля каналов

Каналы, как и естественные водотоки, имеют различную форму поперечного сечения: прямоугольную, трапецидальную, полигональную, параболическую, составную, треугольную, ложбинообразную (рис. 28). Необходимую форму поперечного сечения выбирают с учетом механического состава грунта и планируемой облицовки дна и откосов.

Каналы, проходящие в скальных грунтах, выполняют, как правило, прямоугольного сечения и облицовывают досками, камнем, железобетоном.

Земляные каналы обычно проектируют трапецидального сечения, которое в период эксплуатации размывается и принимает параболическую форму.

Мелкие небольшие каналы, временные оросители, выводные и распределительные борозды, нарезаемые каналокопателями плужного типа, выполняют треугольного сечения, каналы из сборных железобетонных лотков — параболического.

Наиболее просты по устройству каналы в земляном русле. Но для них характерны значительные фильтрационные потери.

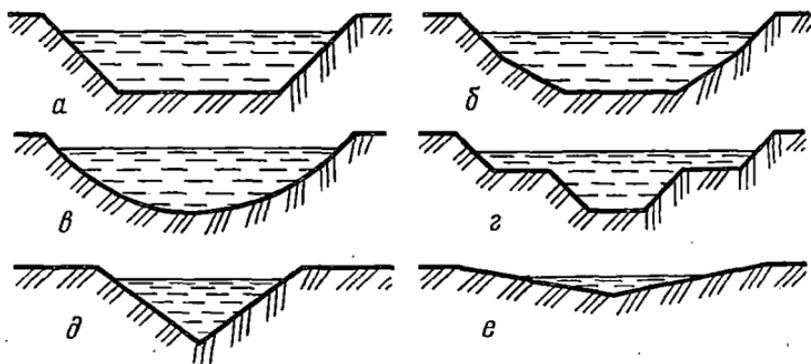


Рис. 28. Формы поперечных сечений каналов:

*a* — трапецидальная; *b* — полигональная; *v* — параболическая; *г* — составная; *д* — треугольная; *е* — ложбинная.

Чтобы снизить эти потери, каналы облицовывают монолитным бетоном, сборным железобетоном, асфальтом, устраивают экраны в виде слабопроницаемого слоя грунта или искусственного материала (синтетические пленки), уложенного по дну и откосам канала и прикрытого сверху защитным слоем грунта (предохраняет экран от солнечных лучей и колебаний температур).

Конструкция каналов должна быть не только прочной, рассчитанной на длительный срок работы, но и отвечающей современным требованиям индустриализации и механизации. Каналы должны обладать необходимой пропускной способностью и минимальной фильтрацией и иметь допустимые скорости движения воды на размыв и заиление русла.

Поперечный профиль канала включает следующие элементы:

ширина канала по дну  $b$ . Для небольших каналов  $b$  составляет 0,2...1 м, для больших — 10 м и более. Для малых каналов ширина по дну определяется типом каналокопателя;

глубина воды в канале  $h$ . Для малых каналов  $h$  изменяется от 0,3 до 1 м, для больших — от 1 до 4 м. Глубину воды в канале с целью уменьшения фильтрации, соблюдения допустимых скоростей и меньшего отчуждения земли принимают по соотношению  $b/h=1$ , то есть когда гидравлический радиус  $R$  близок или равен 1. При малой глубине  $h$  и соотношении  $b/h > 1$  уменьшается смоченный периметр, снижается фильтрация, но возрастают полоса отчуждения и объемы работ по устройству канала. При большой глубине  $h$  и соотношении  $b/h < 1$  уменьшается полоса отчуждения, увеличиваются скорости движения воды, а следовательно, и пропускная способность канала, но возрастает фильтрация;

коэффициенты  $m$  и  $m_1$  характеризуют заложение мокрого и сухого откосов. Для небольших каналов  $m$  и  $m_1$  равны 1...1,5, для крупных — 1,5...3;

бровка канала — место пересечения линий поперечного профиля канала или место перехода горизонтальной плоскости к откосу канала. Крупные каналы, у которых профиль имеет уступы (бермы), имеют несколько бровок;

берму, или уступ, устраивают на крупных каналах с выемкой более 5 м для придания большей устойчивости откосам. Ширина берм в зависимости от расхода канала составляет 1...1,5 м, при устройстве дороги ширину бермы увеличивают;

общая глубина канала  $H$ , зависит от глубины наполнения канала водой и остаточного напора ( $a:H=h+a$ ). Остаточный напор (запас по высоте от уровня воды до верха дамбы) для небольших каналов равен 0,15...0,25 м, для больших — 0,5...1,5 м;

ширина дамбы канала поверху  $h$ , для небольших каналов 0,4...1 м, для крупных — 3 м и более. Ширину  $h$  принимают такой, чтобы берма была устойчивой и препятствовала проникновению воды через тело канала. На крупных каналах, особенно на затопляемых массивах, ширину дамбы устраивают с расчетом прохода автомобилей и экскаваторов, применяемых при очистке и ремонте каналов, а также перемещения передвижных насосных станций.

Уровни в каналах оросительной системы должны обеспечивать самотечную подачу воды на орошаемую площадь, то есть уровень воды в старшем канале должен быть выше уровня воды в младшем. Увязку уровней ведут от младших каналов к старшим, начиная от временного оросителя. Уровень воды во временном оросителе зависит от способа полива.

При поливе по бороздам превышение уровня воды в голове оросителя над поверхностью земли принимают не менее 5 см, напуске по полосам — не менее 10 см, при затоплении по чекам — не менее 20 см.

Уровни воды в оросительных каналах при нормальных расходах должны быть выше уровней воды в выходящих из них каналах младшего порядка на 5...15 см, уровни воды в водосбросных каналах — ниже отметки местности, с которой отводится вода, на 0,25...0,3 м.

Форма поперечного сечения канала зависит от его конструкции и строительных особенностей.

*Канал на крутом склоне* (рис. 29) устраивают в выемке с насыпкой дамбы с низовой его стороны. Объем дамбы обычно соответствует объему выемки. Обращенный к воде откос делают крутым ( $m=1...1,5$ ), сухой — пологим ( $m_1=1,5...2$ ). Ширину дамбы для малых каналов принимают 0,5...1 м, для больших — 3 м и более. В каждом случае ширину дамб согласуют с объемом выемки и эксплуатационными требованиями.

Оросительные каналы на крутом склоне чаще встречаются в предгорных районах. Для пропуска большого расхода воды и во избежание размыва и оползневых явлений стенки и дно их бетонируют.

*Канал в полувыемке-полунасыпи* (рис. 30, а) является типичным каналом регулирующей оросительной сети. Выемку для него делают так, чтобы отсыпаемые дамбы обеспечивали необходимый уровень командования воды над прилегающей территорией. Такой канал дает наименьшую площадь отчуждения. Объем выемки здесь почти равен объему насыпи, то есть профиль канала в полувыемке-полунасыпи наиболее целесообразный по сравнению с другими профилями каналов.

Каналы в выемке (рис. 30, б, в) устраивают в грунте. Вынутую землю отсыпают в земляные валы — кавальеры. Чтобы кавальеры не давили на откосы и не вызывали оползание, их отсыпают на расстоянии 1...2 м от бровки каналов, а потом разравнивают грейдерами или бульдозерами под посевы сельскохозяйственных культур или древесные и плодовые насаждения.

Каналы в выемке наиболее характерны для подводящей, водосбросной и дренажной сети, где нет необходимости иметь уровень командования или это командование легко достигается подпорами или подачей воды на необходимую отметку насосами. Они находят применение и при устройстве каналов регулирующей сети (оросители-дрены), когда воду при машинном поливе забирают подвижными насосными установками или дождевальными машинами или когда промывают засоленные земли. Каналы в выемке при разравнивании кавальеров имеют незначительную площадь отчуждения земель. При машинном заборе воды им отдают предпочтение.

Канал в насыпи (рис. 30, г, д) устраивают при очень малом уклоне местности, чтобы создать необходимый уровень командования и вывести воду на наиболее высокую отметку местности. Землю для насыпи берут из резервов, закладываемых на расстоянии не менее 1,5 м от ее подошвы. Это делают с таким расчетом, чтобы не увеличивалась фильтрация воды из канала. Глубину резервов обычно принимают не более 1 м. После устройства канала резервы заравнивают бульдозерами

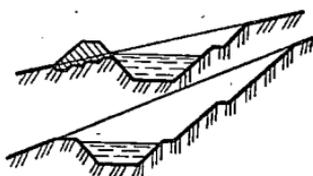


Рис. 29. Схемы поперечных сечений каналов на крутом склоне.

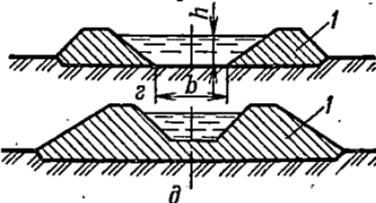
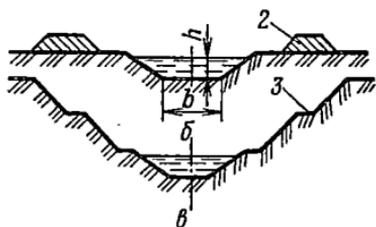
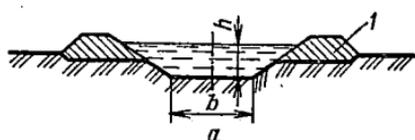


Рис. 30. Схемы поперечных сечений и каналов:

а.— в полувыемке — полунасыпи; б, в — в выемке; г, д — в насыпи; 1 — насыпь с послойным уплотнением; 2 — кавальер; 3 — берма;  $h$  — глубина воды;  $b$  — ширина по дну.

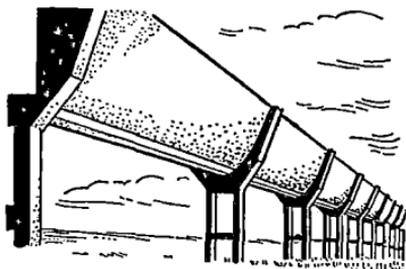


Рис. 31. Лоток-канал.

и на их месте высаживают деревья. Канал в насыпи, несмотря на искусственное уплотнение, менее устойчив, обладает повышенной фильтрацией, требует пологих откосов, отчуждает значительные площади пахотных земель.

*Канал в насыпи с подсыпным дном* устраивают в том

случае, если по его трассе встречаются понижения-ложбины. При строительстве канала приходится не только насыпать, но и подсыпать его дно.

*Лотковая оросительная сеть* полуциркульной или параболической формы сечения имеет стандартные размеры, так как изготавливается индустриальным методом из железобетона. В зависимости от расходов размеры лотков-каналов (рис. 31) могут колебаться в значительных пределах.

Лотки укладывают в траншеи или на различных по высоте опорах. Элементы опор (седла, стойки и фундаментные плиты) изготавливают и собирают на заводах. Наиболее слабое место лотков, как и бетонированных каналов, — швы.

### § 35. Схемы нарезки временной оросительной сети

Различают две основные схемы нарезки временной оросительной сети — продольную и поперечную (рис. 32).

*Продольную схему* применяют в том случае, если максимальный уклон местности не превышает 0,006. Для нее характерно следующее: участковый или групповой ороситель идет под небольшим углом (0,002...0,005) к горизонталям; временные оросители и полевые трубопроводы направляют перпендикулярно к горизонталям с уклоном не более 0,006; выводные борозды или полиэтиленовые шланги устраивают или прокладывают с минимальным уклоном 0,001...0,002 так, чтобы при более или менее одинаковом напоре можно было одновременно выпускать воду в большое число поливных борозд и полос напуска; распределительные борозды, которые объединяют секцию одновременно включаемых поливных борозд, устраивают параллельно выводной борозде; поливные борозды и полосы напуска нарезают в направлении максимального уклона, то есть перпендикулярно к горизонталям.

*Поперечную схему* применяют при максимальном уклоне местности более 0,006. Для нее во избежание водной эрозии и

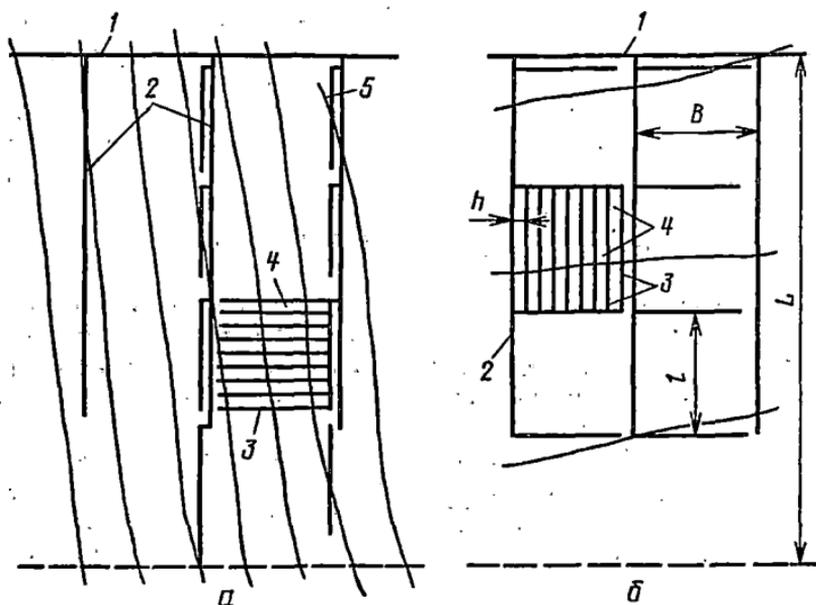


Рис. 32. Схемы нарезки временной оросительной сети:  
*a* — поперечная; *b* — продольная; 1 — распределитель; 2 — временный ороситель; 3 — валики; 4 — поливные полосы или борозды; 5 — выводные борозды.

разрыва каналов предусматривают следующее: участковый распределитель или групповой ороситель устраивают перпендикулярно или под некоторым углом к горизонталям. При уклонах более 0,005 русло распределителя бетонируют или вместо открытого канала прокладывают закрытый трубопровод с гидрантами для выпуска воды; при значительных уклонах такой трубопровод имеет большой остаточный напор, что позволяет использовать его для дождевания; временные оросители или полевые трубопроводы устраивают с небольшим уклоном к горизонталям — 0,001...0,002; при самонапорных системах в случае применения дождевания полевые трубопроводы прокладывают по максимальному уклону; выводные борозды и полиэтиленовые шланги при самотечном поливе устраивают параллельно временным оросителям и трубопроводам; поливные борозды и полосы напуска нарезают перпендикулярно к горизонталям местности.

### § 36. Расчетные расходы каналов

Расходы воды в оросительных каналах непостоянны во времени. Это обуславливается потерями воды на транспирацию и испарение, периодичностью поливов, зависит от метеороло-

гических условий года (степень засушливости), водоносности источника орошения, смены культур в орошаемом севообороте и др. Во многие каналы, и особенно внутрхозяйственные распределители младшего порядка и временные оросители, воду подают периодически. По окончании поливов по внутрхозяйственной сети подачу воды в каналы прекращают. Расходы уменьшаются и по длине канала, так как вода из него подается в каналы младшего порядка, а также теряется на фильтрацию и испарение.

При определении расходов воды учитывают общий план-водопользования, составляемый на основе внутрхозяйственных планов и гидрологического режима водоисточника, и почвенно-мелиоративные условия орошаемых земель.

Сумма расходов воды одновременно работающих каналов (колхозных и совхозных распределителей) дает расход питающего их водой межхозяйственного распределителя. Расход главного (магистрального) канала оросительной системы равен сумме расходов питаемых им межхозяйственных распределителей.

Расход воды в конце канала называют расходом нетто, а в начале (голове) — расходом брутто:

$$Q_{бр} = Q_{нт} + Q_{п},$$

где  $Q_{бр}$ ,  $Q_{нт}$  — расходы воды в начале и конце канала;  $Q_{п}$  — потери воды в канале.

Для всего канала:

$$Q_{нт} = \sum Q_{отв},$$

где  $\sum Q_{отв}$  — сумма расходов, одновременно забираемых из данного канала в каналы младшего порядка.

Расход  $Q_{бр}$  для всего канала равен расходу воды в его голове  $Q_{гол}$ .

Для каждого канала, а если из распределительного канала отходит несколько младших в разных его пунктах, то и по отдельным участкам в точках выдела воды вычисляют нормальный  $Q_{норм.бр}$ , минимальный  $Q_{мин.бр}$  и форсированный  $Q_{форс.бр}$  расходы.

*Нормальный расход* — это наибольший расход воды, пропускаемый по каналу длительное время. *Минимальный расход* — это наименьший расход, пропускаемый по каналу по плану водоподачи. *Форсированный расход* — это увеличенный нормальный расход, пропускаемый по каналу в течение короткого промежутка времени.

Значения этих расходов используют для определения размеров поперечного сечения каналов на различных участках.

По основному расчетному, нормальному расходу устанавливают гидравлические элементы канала (ширина по дну, глубина воды). По форсированному расходу вычисляют отметки верхней бровки дамбы и отметки берм. По минимальному расходу находят места установки водоподпорных сооружений.

Для любого створа канала:

$$Q_{\text{норм.бр}} = q_{\text{max}} F_{\text{нт}} + \sum Q'_n = Q'_{\text{полн}} + \sum Q'_n;$$

$$Q_{\text{минбр}} = q_{\text{мин}} F_{\text{нт}} + \sum Q''_n = Q''_{\text{полн}} + \sum Q''_n,$$

где  $F_{\text{нт}}$  — орошаемая площадь нетто;  $q_{\text{max}}$ ,  $q_{\text{мин}}$  — наибольшее и наименьшее значения гидромодуля для площади  $F_{\text{нт}}$ ;  $Q'_{\text{полн}}$ ,  $Q''_{\text{полн}}$  — наибольшее и наименьшее значения поливного расхода;  $\sum Q'_n$  и  $\sum Q''_n$  — сумма потерь воды из всех одновременно работающих каналов (включая временные оросители) данного створа при  $Q'_{\text{полн}}$  и  $Q''_{\text{полн}}$ .

При пропуске воды по каналам с расходом менее  $Q_{\text{норм.бр}}$  увеличиваются и относительные потери воды на фильтрацию, поэтому расход  $Q_{\text{минбр}}$  не рекомендуется брать менее  $0,4 Q_{\text{норм.бр}}$ . Когда же в отдельные периоды  $q_{\text{мин}} < 0,4 q_{\text{max}}$ , воду между каналами (хозяйствами) распределяют поочередно.

При изменении поливных площадей или культур орошаемого севооборота, отклонении сроков и норм полива от принятых при расчете режима орошения, перерывах в подаче воды, в случае аварий на системе по каналам пропускают форсированные расходы, превышающие нормальные.

В соответствии со СНиП II-52—74:

$$Q_{\text{форс.бр}} = Q_{\text{норм.бр}} K_{\text{форс}},$$

где при  $Q_{\text{норм.бр}} = 1 \text{ м}^3/\text{с}$   $K_{\text{форс}} = 1,2 \dots 1,3$ ; при  $Q_{\text{норм.бр}} = 1 \dots 10 \text{ м}^3/\text{с}$   $K_{\text{форс}} = 1,2 \dots 1,15$ ; при  $Q_{\text{норм.бр}} > 10 \text{ м}^3/\text{с}$   $K_{\text{форс}} = 1,15 \dots 1,1$ .

Относительные потери (% на 1 км длины канала) воды на фильтрацию (по А. Н. Костякову):

$$\sigma = A/Q^m,$$

где  $Q$  — расход воды в канале,  $\text{м}^3/\text{с}$ ; коэффициент  $A$  и показатель степени  $m$  зависят от характера грунтов, слагающих ложе канала. Для тяжелых, средних и легких грунтов коэффициент  $A$  составляет соответственно 0,7; 1,9 и 3,4, а  $m$  — 0,3; 0,4 и 0,5.

Абсолютные потери ( $\text{м}^3/\text{с}$ ):

$$\bar{Q}_n = \sigma Q l / 100,$$

где  $l$  — длина канала, км.

### § 37. Гидравлический расчет каналов

Расход воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) в открытом и закрытом руслах (каналах и в трубах) как при безнапорном, так и при напорном равномерном движении:

$$Q = vF,$$

где  $F$  — площадь живого сечения русла,  $\text{м}^2$ ;  $v$  — средняя скорость движения воды,  $\text{м}/\text{с}$ .

При равномерном движении воды средняя скорость течения и живое сечение по длине русла не изменяются, а уклоны поверхности воды и дна канала равны между собой; при неравномерном — скорость и живое сечение русла изменяются по длине потока, а следовательно, изменяются уклон и живое сечение русла.

Скорость движения и расход воды в каналах могут быть установившимися и не установившимися. При установившемся движении скорость и расход воды во времени не изменяются, при не установившемся — изменяются.

Площадь живого сечения русла:

прямоугольного  $F = bh$ ;

треугольного  $F = bh/2$ ;

трапецидального  $F = (b + mh)h$ ;

параболического  $F = 2Bh/3 = 0,667Bh$ ;

круглого при полном заполнении водой  $F = \pi D^2/4 = 0,785 D^2$ ,

где  $b$  — ширина русла (канала) по дну, для маленьких русел  $b = 0,2 \dots 1$  м, для больших — до нескольких метров, м;  $B$  — ширина параболического канала поверху, м;  $h$  — глубина наполнения русла водой, составляет 0,2 м и более, м;  $m$  — коэффициент заложения откоса, определяется отношением высоты к основанию прямоугольного треугольника. Если основание равно высоте, то заложение откосов принимают 1:1, а коэффициент откоса  $m = 1$ ; если основание составляет две высоты, то заложение откоса принимают 1:2, а коэффициент  $m = 2$  и т. д.;  $D$  — внутренний диаметр трубы, м.

Значение  $m$  обуславливается свойствами грунта. От него зависят объем земляных работ, устойчивость русла, скорость течения воды и др. На устойчивость откосов оказывает влияние глубина русла: чем она больше, тем положе откосы.

Значения коэффициентов заложения откосов русла каналов следующие (по А. Н. Костякову):

Пески пылеватые	1,75...2,25
Супеси »	1,50...1,75
Гравелистые цементированные грунты	0,75...1,25
» рыхлые грунты с песком	1,50...1,75
Суглинок, глина, лёсс	1,00...1,50

Галечниковые цементированные грунты	0,75...1,00
» рыхлые грунты с песком	1,00...1,50
Плотная глина, конгломерат, известняки	0,50...0,75
Мягкие скальные грунты	0...0,25

На засоленных грунтах коэффициент откоса увеличивают на 15...20 %. Для грунтов, насыщенных водой, откосы делают более пологими, чем для сухих.

Средняя скорость (м/с) движения воды в русле (канале) открытого или закрытого водовода (по формуле Шези):

$$v = C\sqrt{Ri},$$

где  $R$  — гидравлический радиус, м;  $i$  — средний уклон русла водотока;  $C$  — скоростной коэффициент.

Скорости течения воды в русле могут быть заиляющими  $v_z$  (менее 0,25 м/с) и размывающими  $v_p$  (табл. 17).

### 17. Размывающие скорости (м/с) для открытых каналов

Характер покрытия русла	Гидравлический радиус, м		
	0,2	0,5	1,0
Супесь	0,25...0,45	0,35...0,60	0,40...0,70
Чернозем	0,35...0,40	0,40...0,50	0,50...0,60
Суглинок:			
легкий	0,40...0,60	0,45...0,70	0,55...0,80
средний	0,45...0,65	0,55...0,80	0,65...0,90
тяжелый	0,50...0,70	0,60...0,90	0,70...1,00
Глина обыкновенная	0,50...0,80	0,60...0,95	0,65...1,05
Булыжник, валуны	1,75...4,00	2,00...4,50	2,20...5,00
Скала	2,00...8,00	2,25...9,00	2,50...10,00
Бетонная одежда	2,00...8,00	3,00...9,00	4,00...10,00
Торф:			
гипносоковый мало-разложившийся	0,60...1,15	0,70...1,30	0,80...1,50
то же, сильноразложившийся	0,35...0,50	0,45...0,60	0,50...0,70
сфагновый	0,35...0,55	0,45...0,65	0,50...0,80

Гидравлический радиус (м) характеризует удельную площадь живого сечения, приходящуюся на единицу длины смоченного периметра:

$$R = F/P,$$

где  $F$  — площадь сечения русла, м<sup>2</sup>;  $P$  — смоченный периметр, м.

Смоченным периметром  $P$  называют линию соприкосновения воды с руслом водотока. Значение его для сечений:

прямоугольного  $P=b=2h$ ;  
 треугольного  $P=2h\sqrt{1+m^2}$ ;  
 трапецеидального  $P=b+2h\sqrt{1+m^2}$ ;  
 параболического  $P=aB$ ,  $a=B/h$ ;  
 круглого при полном заполнении водой  $P=\pi D=3,14D$ .

Скоростной коэффициент  $C$  представляет функцию гидравлического радиуса  $R$  и шероховатости русла  $n$ . Его значение можно определить по формуле Н. Н. Павловского (табл. 18):

$$C = R^y/n,$$

где  $n$  — коэффициент шероховатости, зависит от состояния русла;  $R$  — гидравлический радиус русла;  $y$  — показатель степени, зависит от  $n$  и  $R$ . При  $R < 1$   $y = 1,5\sqrt{n}$ , при  $R > 1$   $y = 1,3\sqrt{n}$ .

Формула применима при  $R=0,1\dots 3$  м и при  $n=0,011\dots 0,04$ .

### 18. Значения коэффициента $C$ , вычисленные по формуле Н. Н. Павловского

$R$	$n$							
	0,011	0,012	0,017	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040
0,20	73,7	66,6	43,6	35,7	26,9	21,3	17,4	14,5
0,24	75,5	68,3	45,2	37,1	28,3	22,5	18,5	15,5
0,28	77,0	69,8	46,5	38,4	29,4	23,5	19,4	16,4
0,30	77,7	70,5	47,2	39,0	29,9	24,0	19,9	16,8
0,35	79,3	72,1	48,6	40,3	31,1	25,1	20,9	17,8
0,40	80,7	73,4	49,8	41,5	32,2	26,0	21,8	18,6
0,45	82,0	74,6	50,9	42,5	33,1	26,9	22,6	19,4
0,50	83,1	75,7	51,9	43,5	34,0	27,8	23,4	20,1
0,55	84,1	76,8	52,8	44,4	34,8	28,5	24,0	20,7
0,60	85,3	77,7	53,7	45,2	35,5	29,2	24,7	21,8
0,65	86,0	78,6	54,5	45,9	36,2	29,8	25,3	21,9
0,70	86,8	79,4	55,2	46,6	36,9	30,4	25,8	22,4
0,80	88,3	80,8	56,5	47,9	38,0	31,5	26,8	23,4
0,90	89,4	81,8	57,5	48,8	38,9	32,3	27,6	24,1
1,00	90,9	83,3	58,8	50,0	40,0	33,3	28,6	25,0
1,50	95,7	88,0	62,9	53,9	43,6	36,7	31,7	28,0
2,00	99,3	91,4	65,9	56,6	46,0	38,9	33,8	30,0

Коэффициент шероховатости для естественных русел и закрытых водотоков изменяется в значительных пределах (данные Н. Н. Павловского):

Состояние поверхности почвы и русла водотоков	Коэффициент шероховатости
---	---------------------------

*При движении воды тонким слоем*

Обработанное поле с бороздами по склону	0,050
Пашня с хорошей разделкой без борозд	0,125

Состояние поверхности почвы и русла водотоков	Коэффициент шероховатости
Поле с созревающими сельскохозяйственными культурами	0,300
Естественный луг и пастбище с обычной травой	0,900...1,000
Кочкарник	1,000...2,000
<i>Естественное русло</i>	
Прямое, чистое, с небольшим количеством водорослей и камней	0,025...0,035
Прямое, заросшее и засоренное, с медленным течением	0,040...0,070
Извилистое сильно заросшее и засоренное, с отмелями и омутиами	0,080...0,133
<i>Искусственное русло</i>	
Цементная штукатурка, строганные доски, новые керамические и металлические трубы	0,010...0,012
Бетон, нестроганные доски, тесовая и кирпичная кладка, обычные керамические и металлические трубы	0,012...0,016
Бутовая кладка, старые трубы	0,020...0,025
Обычное чистое земляное	0,020...0,0275
Сильно заросшее, засоренное камнями, сучьями, с ямами	0,0325...0,0375

Скоростной коэффициент  $C$  находят также по формулам Агроскина, Базена, по специальным таблицам и др.

Задачи, решаемые при гидравлическом расчете каналов, можно разделить на два основных типа:

- 1) определение скорости  $v$  и расхода  $Q$  при заданном уклоне дна канала и известных размерах живого сечения;
- 2) определение размеров живого сечения канала при заданном расходе и уклоне дна.

Задачи первого типа решают непосредственным вычислением неизвестного значения по формуле Шези. Задачи второго типа нельзя решить таким образом, поскольку существует множество поперечных сечений, удовлетворяющих формуле Шези. В этом случае задаются размерами живого сечения канала, вычисляют расход, соответствующий этому сечению, и сравнивают его с заданным. Обычно сразу не удается подобрать нужное сечение, и вычисления повторяют.

При проектировании новых каналов, как правило, известны их уклоны, характер грунтов и материал крепления стенок и дна, а следовательно, и коэффициенты заложения откосов и шероховатость русла. Предварительные размеры каналов назначают с учетом экономических соображений, условий эксплуатации, производства и механизации работ и др.

Для облегчения гидравлических расчетов каналов разработано много специальных таблиц, графиков и номограмм, кото-

рые позволяют решать все основные задачи мелиоративной практики.

*Пример.* Открытый естественный водоток протекает в тяжелых суглинках. Русло трапецеидального сечения, ширина по дну  $b=1$  м, глубина наполнения  $h=1$  м, коэффициент откоса  $m=1$ , уклон дна  $i=0,001$ . Требуется определить расход воды открытого русла.

Живое сечение  $F=(b+mh)h=(1+1)\cdot 1=2$  м<sup>2</sup>.

Смоченный периметр  $P=b+2h\sqrt{1+m^2}=1+2\cdot 1\sqrt{1+1^2}=1+2\times 1,4=3,8$  м.

Гидравлический радиус  $R=F/P=2/3,8=0,52$  м

Коэффициент шероховатости для заросшего естественного русла принимаем  $n=0,0325$ .

Скоростной коэффициент  $C=R^{0,27}/n=0,52^{0,27}/0,0325=0,77/0,0325=23,7\approx 24$ . Так как  $R$  в нашем случае меньше 1, то  $y=1,5\sqrt{n}$ .

Средняя скорость движения воды в русле  $v=24\sqrt{0,52\cdot 0,01}=24\times 0,023=0,55$  м/с.

Расход воды в русле  $Q=vF=0,55\cdot 2=1,10$  м<sup>3</sup>/с.

### § 38. Сооружения на оросительной сети

Для регулирования и учета воды на оросительной сети устраивают следующие гидротехнические сооружения: водовыпускные, водоподпорные, сопрягающие и водопроводящие. Они могут быть: монолитными, сборными и комбинированными, закрытыми (трубчатые) и открытыми.

Монолитные сооружения строят из бетона, железобетона, камня, дерева; сборные — из отдельных блоков заводского изготовления; комбинированные — возводят на месте, а отдельные детали монтируют из ранее изготовленных блоков.

*Водовыпускные сооружения* (регуляторы) устраивают в голове постоянных оросительных каналов (распределители) и на временных оросителях (рис. 33). Если трасса канала имеет большой уклон, то их совмещают с перепадами или быстротоками. Для регулирования уровня и расхода воды водовыпуски оборудуют плоскими или сегментными затворами. Трубчатые водовыпуски могут иметь круглое, квадратное или прямоугольное поперечное сечение.

*Водоподпорные сооружения* устраивают на межхозяйственных и крупных хозяйственных каналах, для создания необходимого уровня воды при пропуске расходов менее  $Q_{\text{норм}}$ .

*Сопрягающие сооружения* (рис. 34) выполняют там, где уклон трассы канала значительный. Без них скорости течения воды в земляном русле будут превышать допустимые на размыв.

*Водопроводящие сооружения* необходимы там, где есть препятствия (балки, овраги, реки, дороги и др.) и где технически трудно или экономически нецелесообразно строить земляные

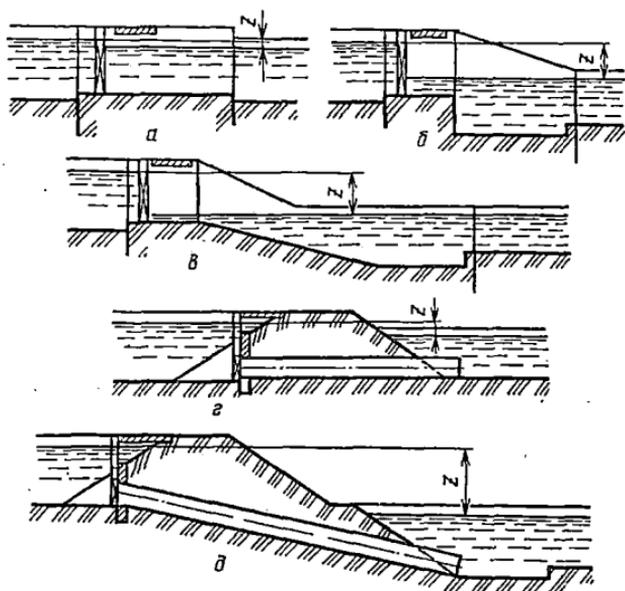


Рис. 33. Схемы водовыпускных сооружений:

*a* — открытые; *б* — открытые с переездом; *в* — открытые с быстротоком; *г* — трубчатые; *д* — трубчатые, совмещенные с переездом.

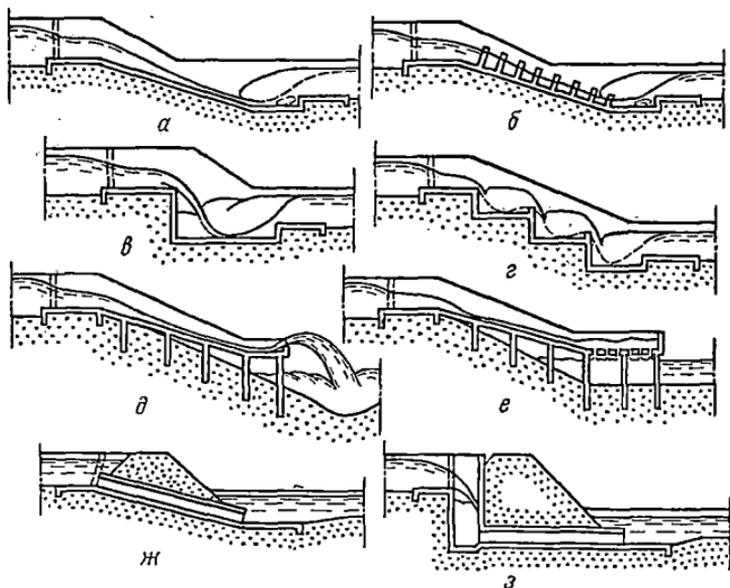


Рис. 34. Схемы сопрягающих сооружений:

*a* — быстроток; *б* — быстроток с повышенной шероховатостью; *в, г, д, е, ж, з* — перепады соответственно одноступенчатый, многоступенчатый, консольный, решетчатый, наклонный трубчатый, шахтный.

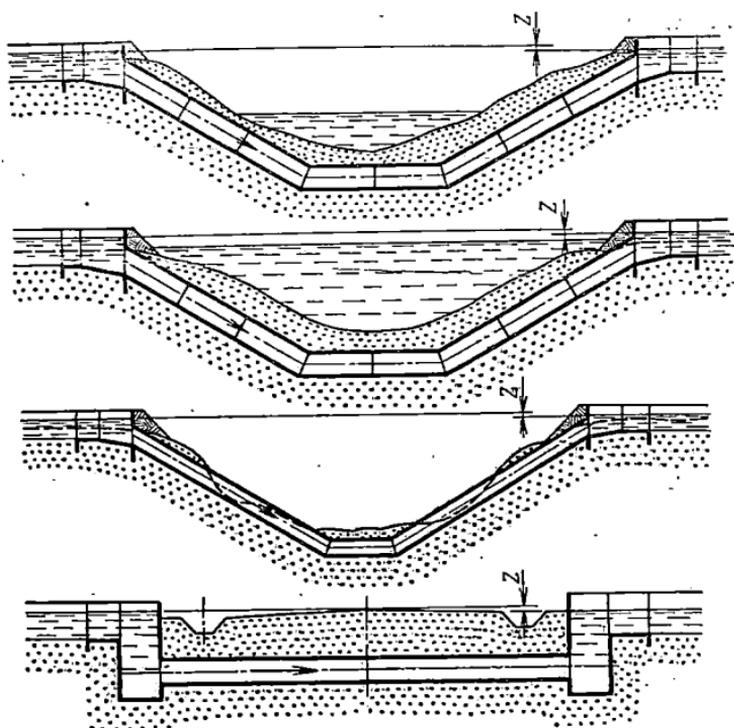


Рис. 35. Схемы дюкеров.

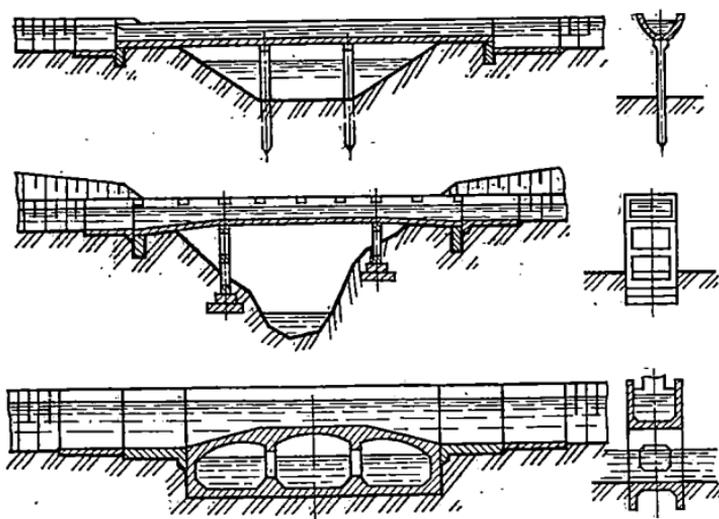


Рис. 36. Схемы акведуков.

каналы. Их выполняют в виде дюкеров, акведуков, лотков, водопропускных труб, тоннелей.

Дюкеры состоят из входного и выходного оголовков и напорного трубопровода (рис. 35). Чаще всего их изготавливают из железобетонных труб, реже — из асбестоцементных или стальных, а при большой пропускной способности — из монолитного железобетона. Число ниток дюкера зависит от пропускаемого расхода воды. На входном оголовке обычно устанавливают рабочие или ремонтные затворы и сороудерживающие решетки. Скорость движения воды в дюкерах должна превышать заиляющую и среднюю скорости потока воды.

Акведуки состоят из входного и выходного оголовков и лотка с опорами (рис. 36). Их обычно выполняют из монолитного или сборного железобетона. В качестве опор используют сваи, стоечные рамы с фундаментами, береговые устои и др. Скорость движения воды в акведуках назначают в пределах 1...2,5 м/с.

Для пересечения оросительным каналом насыпей дорог или каналов устраивают железобетонные водопропускные трубы круглого сечения.

## **Глава 7. СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ И ТЕХНИКА ПОЛИВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

### **§ 39. Общие сведения о способах орошения и технике полива**

Различают следующие способы орошения: аэрозольный (мелкодисперсный), дождевание, поверхностный, внутрипочвенный, подземный (субирригация).

Техника полива включает технические средства и технологию проведения полива.

Назначение различных способов орошения приведено в таблице 19.

Правильный выбор способа орошения, техники полива способствует созданию оптимального водного, воздушного, солевого и питательного режимов почв, а следовательно, и получению высоких и устойчивых урожаев; повышению плодородия почв и обеспечению благоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель; экономному использованию оросительной воды; росту производительности труда.

Ни один из перечисленных способов орошения не может считаться универсальным и одинаково пригодным для всех условий. Наиболее эффективный способ выбирают на основе

**19. Основное назначение различных способов орошения**  
(по данным Б. Г. Штепы)

Способ орошения	Увлажнение		Влагозарядка	Промывка от солей	Внесение удобрений и гербицидов	Орошение		Провокационные поливы
	почвы	воздуха				сточными водами	противозаморозковое	
Аэрозольный	—	+	—	—	×	—	—	—
Дождевание	+	+	×	×	+	+	+	+
Поверхностный	+	×	+	+	×	+	—	+
Внутрипочвенный	+	—	×	—	+	+	—	—
Подземный	+	—	×	—	—	—	—	—

Примечание. + — обеспечивает; — — не обеспечивает; × — частично обеспечивает.

анализа конкретных природных условий земельного массива (естественная тепло- и влагообеспеченность растений, рельеф и уклон местности, водно-физические свойства почв, глубина залегания и минерализация грунтовых вод и др.), его сельскохозяйственного использования (вид и состав культур в севообороте, их требования к режиму орошения, технология возделывания и др.), хозяйственных условий (система ведения орошаемого земледелия, наличие рабочей силы и механовооруженность, опыт и традиции населения и др.).

Условия применения способов орошения в различных природно-климатических зонах приведены в таблице 20.

Наиболее распространено в нашей стране поверхностное орошение и дождевание.

**20. Условия применения различных способов орошения в различных природно-климатических зонах** (данные Б. Г. Штепы)

Способ орошения	Почвы			Сложный рельеф	Большие уклоны	Близко расположенные минерализованные грунтовые воды	Дефицит водных ресурсов	Минерализованная поливная вода	Сильный ветер
	засоленные	легкие песчаные	тяжелые						
Аэрозольный	×	+	+	+	+	×	+	×	+
Дождевание	×	+	—	+	+	—	+	—	—
Поверхностный	+	×	+	×	×	×	×	×	+
Внутрипочвенный	—	×	+	×	+	—	+	—	+
Подземный	—	—	+	—	—	—	×	—	+

Примечание. + — применимо; — — неприменимо; × — частично применимо.

## § 40. Полив по бороздам

Полив по бороздам относится к наиболее совершенным способам поверхностного самотечного полива. Его можно применять практически на всех почвах, рельефах и уклонах местности при небольших объемах планировочных работ.

Поливные борозды нарезают одновременно с посевом или пропашкой междурядий сельскохозяйственных культур тракторными культиваторами, оборудованными лапами-бороздорезами. Площадь сечения и объем наполнения борозды выбирают в зависимости от механического состава и окультуренности почвы, и в частности от глубины пахотного слоя, а также назначения полива (стимулирующий, вегетационный, влагозарядковый).

По глубине и объему заполнения, а следовательно, и гидравлическим особенностям различают мелкие, средние и глубокие борозды (табл. 21). Мелкие и средние борозды проходят в пахотном слое и обладают хорошей водоотдачей; для глубоких борозд характерны слабая водоотдача и большой объем заполнения.

**21. Примерные сечения поливных борозд и расстояния между ними в зависимости от механических свойств почв**

Борозды	Поперечное сечение		Расстояние между бороздами, см	
	глубина, см	ширина по- верху, см	легкие почвы	тяжелые почвы
Мелкие	10...15	30...35	40...50	60...70
Средние	15...20	40...45	60...70	80...90
Глубокие	20...30	50...60	80...90	90...110

С целью повышения водоотдачи нарезают борозды-щели конструкции ЮжНИИГиМ. Борозда-щель имеет общую глубину 30...40 см, ширину щели 2...3 см, глубину 15...20 см. При поливе зерновых и многолетних трав борозды-щели делают средними или глубокими, с тем чтобы они не заплывали за осенне-зимний период. Глубокие борозды-щели, нарезанные осенью, одновременно с посевом озимых колосовых или многолетних трав, лучше задерживают осадки и талые воды, что способствует лучшим всходам и укоренению растений. Кроме того, предварительная нарезка борозд-щелей при необходимости позволяет провести стимулирующие поливы. В местах, подверженных пыльным бурям, посев с одновременной нарезкой борозд защищает растения от выдувания.

С целью защиты от выдувания (срезания песком) овощных культур применяют борозды-террасы. В отличие от обычных

борозд они имеют терраски-уступы, на которых высаживают рассаду, и ограждающие валики, защищающие рассаду от выдувания. Вслед за посадкой рассаду поливают.

Расстояние между поливными бороздами зависит от их назначения. Для пропашных, плодовых, ягодных и овощных культур поливные борозды нарезают в междурядьях; при узких междурядьях или ленточных посевах — мелкие, при междурядьях 80...100 см — глубокие и широкие. Если необходимы длинные (300...400 м) поливные борозды с расходом воды 3...5 л/с, ширину междурядий доводят до 90...100 см. При большой длине борозд и повышенной скорости движения тракторных агрегатов увеличивается производительность труда.

При поливе по засеваемым бороздам или по бороздам широкорядных посевов зерновых и трав ширину поливных борозд назначают с учетом механических свойств почвогрунтов, степени увлажнения почвы, глубины стояния грунтовых вод и др. На пойменных землях с близким залеганием грунтовых вод поливные борозды нарезают через одно междурядье. В этом случае гребни борозд не размываются, остаются сухими, облегчая проход поливальщика, поливные нормы снижаются с 700...800 до 300...400 м<sup>3</sup>/га, то есть на 45...50 %, повышается производительность труда на 35...40 %. В ранний период роста и развития растений при проведении подпитывающих поливов, когда не требуется давать большое количество воды, поливы через междурядье особенно эффективны.

В опытах Н. П. Старовой в Заволжье на темно-каштановых почвах поливная норма на бороздах длиной 450 м, нарезанных через 1,4 м, была почти в 2 раза меньше ( $m=411$  м<sup>3</sup>/га) по сравнению с бороздами, нарезанными через 0,7 м ( $m=830$  м<sup>3</sup>/га).

Контуры промачивания легких и тяжелых почв при поливе по бороздам приведены на рисунке 37.

В зависимости от почвенных условий, рельефа местности, уклона, а также технологии поливные борозды могут быть тупыми затопляемыми, проточными и сквозными (проточными со сбросом).

*Тупые затопляемые борозды* применяют на различных почвах, при уклонах местности 0,0005...0,003, но на легких они более эффективны. Длина их обычно составляет 25...100 м.

Для равномерности затопления при поливе поперечные уклоны не должны превышать 0,008...0,01. С устройством перемычек по тупым затопляемым бороздам можно поливать и при уклонах до 0,004...0,005, причем длину борозд можно доводить до 300 м.

Затопляемые борозды в зависимости от влажности почвы и

близости грунтовых вод нарезают в каждом междурядье и через междурядье. Нарезка борозд через междурядье дает возможность на пойменных землях снизить поливные нормы с 600...800 до 300...400 м<sup>3</sup>/га, то есть в 2 раза.

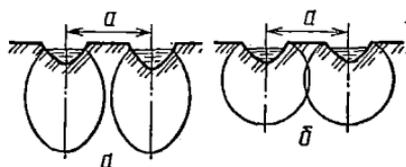


Рис. 37. Контуры промачивания легких (а), средних и тяжелых (б) почв.

Следовательно, при поливе по затопляемым бороздам можно регулировать поливные нормы в зависимости от влажности почвы, роста и развития растений от 200...300 до 800...900 м<sup>3</sup>/га. Он также обеспечивает экономное использование оросительной воды и защищает почву от эрозии. Этого нельзя достичь ни при одном другом способе самотечного поверхностного полива.

Полив по тупым затопляемым бороздам во времени проходит в три этапа: смачивание, заполнение и впитывание.

Чтобы борозда была увлажнена равномерно по длине, время смачивания  $T_{смач}$  должно быть минимальным. Для этого в период смачивания в борозду дают расход 1...3 л/с и следят за тем, чтобы почва при этом не подвергалась эрозии. Во избежание размывов скорость движения воды в борозде следует поддерживать в пределах 0,1...0,2 м/с. От времени заполнения борозды  $T_{зап}$  зависит поливная норма: чем оно короче (при большом расходе воды в борозду), тем меньше поливная норма.

Длина затопляемой борозды зависит от уклона местности и ее глубины: чем меньше уклон и больше глубина борозды, тем больше длина борозды:

$$l = (h_2 - h_1) / i,$$

где  $h_2, h_1$  — глубины стояния воды в конце и начале борозды,  $h_2 = 0,25$  м,  $h_1 = 0,15$  м;  $i$  — уклон дна борозды,  $i = 0,001$ ;

$$l = (0,25 - 0,15) / 0,001 = 100 \text{ м.}$$

При поливе по затопляемым бороздам объем воды, подаваемой в борозду, складывается:

из объема заполнения борозды:

$$qt = bhl,$$

где  $bh = \omega$  — живое сечение борозды, м<sup>2</sup>;  $q$  — расход воды в борозду, л/с;  $b$  — ширина борозды при средней глубине ее заполнения, м;  $h$  — глубина заполнения борозды, м;  $l$  — длина борозды, м,

и объема впитываемой воды в период смачивания и заполнения (без учета на испарение):

$$W_{впит} = \nu p' t^{\alpha} l,$$

где  $v$  — скорость впитывания, м/ч;  $p'$  — площадь смачивания борозды, м<sup>2</sup>;  $t$  — продолжительность заполнения борозды, ч;  $\alpha$  — коэффициент затухания скорости впитывания во времени, равен 0,5...0,6.

Общий объем поданной воды:

$$W = W_{\text{впит}} + qt = l(bh + vp't^\alpha).$$

Расход воды в борозду:

$$q = W/t.$$

*Пример.* Средняя глубина в борозде  $h_{\text{ср}} = 0,15$  м, ширина по дну  $b = 0,1$  м, средняя площадь поверхности воды в борозде  $b_{\text{ср}} = 0,25$  м<sup>2</sup>.

Площадь смачивания при  $\lambda = 2$  составляет:

$$p' = b + \lambda 2h\sqrt{1 + m^2} = 0,1 + 2 \cdot 2 \cdot 0,15\sqrt{1 + 1^2} = 0,94 \text{ м}^2.$$

Скорость впитывания  $v = 0,06$  м/ч,  $t^{0,5} = 1$  ч,  $l = 100$  м. Общий объем поданной воды  $W = qt = 100(0,25 \cdot 0,15 + 0,06 \cdot 0,94 \cdot 1) = 9,3$  м<sup>3</sup>, откуда расход воды в борозду:

$$q = W/t = 9,3/3600 = 0,0025 \text{ м}^3/\text{с}, \text{ или } 2,5 \text{ л/с}.$$

Тупые затопляемые борозды благодаря небольшой длине хорошо вписываются в микрорельеф, что позволяет успешно применять их на пойменных землях и плавнях, в дельтовой части реки, характеризующихся не только западинами и изломами местности, но и слаборазвитыми почвами. Для определения отдельных элементов техники полива используют общее положение: объем поданной воды (м<sup>3</sup>/га) соответствует объему (м<sup>3</sup>/га) впитавшейся. По А. Н. Костякову

$$qt = mal/10\,000, \text{ или } qt3600 = m1000al/10\,000.$$

Преобразовывая формулы А. Н. Костякова, получают формулы для определения элементов техники полива по бороздам:

$$q = \frac{mal}{36\,000t}; \quad t = \frac{mal}{36\,000q}; \quad m = 36\,000 \frac{qt}{al}; \quad l = 36\,000 \frac{qt}{ma},$$

где  $m$  — поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $a$  — расстояние между бороздами, м;  $l$  — длина поливных борозд, м;  $q$  — расход воды в борозду, л/с;  $t$  — продолжительность полива, ч.

*Пример.* Дано:  $l = 100$  м,  $q = 1,5$  л/с,  $t = 1$  ч,  $a = 0,8$  м. Требуется определить элементы и норму полива по затопляемым бороздам.

Подставив значения в вышеприведенные формулы, получим:

$$m = \frac{36\,000 \cdot 1,5 \cdot 1}{0,8 \cdot 100} = \frac{54\,000}{80} = 675 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$t = \frac{675 \cdot 0,8 \cdot 100}{36\,000 \cdot 1,5} = \frac{54\,000}{54\,000} = 1 \text{ ч};$$

$$l = \frac{36\,000 \cdot 1,5}{675 \cdot 0,8} = \frac{54\,000}{540} = 100 \text{ м}.$$

В зависимости от почвенных условий и уклона местности при поливе по затопляемым бороздам изменяются их длина и расходы воды. Для обычных борозд расход воды дают меньше, чем для удлиненных, что увеличивает продолжительность полива и поливную норму.

Для средних суглинков (при скорости впитывания  $v=6...10$  см/ч) длины затопляемых борозд и удельные расходы в борозду принимают следующие:

Уклон	Длина борозды, м	Удельный расход в борозду, л/с
0,0005...0,001	200...100	3,0...2,5
0,001...0,002	100...50	2,5...2,0
0,002...0,003	50...40	2,0...1,5
0,003...0,004	40...25	1,5...1,0
0,004...0,005	25...20	1,0...0,5

*Проточные поливные борозды* применяют на суглинистых почвах различного механического состава. Поверхность поля должна быть хорошо выровненной и иметь уклон 0,004...0,01. Обычно борозды имеют средний размер, а их подошва проходит в пахотном слое.

Полив по проточным бороздам (рис. 38) в зависимости от влажности почвы, глубины грунтовых вод, периода роста и развития растений проводят в каждое междурядье и через междурядье. При поливе через междурядье поливная норма снижается на 45...50 %, а производительность труда повышается на

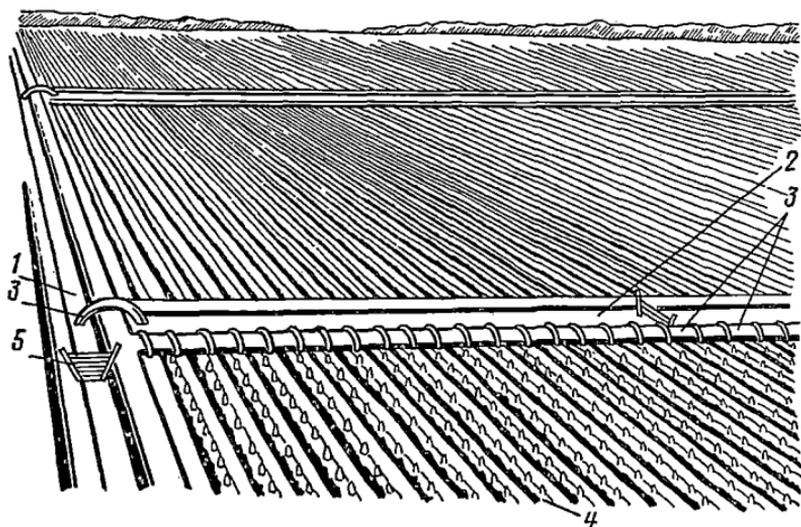


Рис. 38. Полив по проточным бороздам:

1 — временный ороситель; 2, 4 — выводная и поливные борозды; 3 — сифоны; 5 — переносная перемычка.

35...40 %. Особенно эффективен полив через борозду в узких междурядьях (45...50 см): при нарезке борозд повреждаются меньше растений, при поливе не размываются гребни, поливальщик идет по сухому междурядью.

Полив по проточным бороздам проходит в два этапа — смачивание и впитывание.

Для равномерного увлажнения борозды по всей длине нужно, чтобы время смачивания  $T_{смач}$  было в 5...6 раз короче  $T_{впит}$ , поэтому полив проводят переменной струей. Вначале с целью быстрого смачивания борозды, а следовательно, создания примерно одинаковой инфильтрации, по всей длине дают повышенный удельный расход воды (1...3 л/с). Когда вода пройдет 85...90 % длины борозды, расход воды уменьшают до 0,5...1 л/с. Практически это делают так: в период смачивания в одну борозду подают воду одновременно двумя-тремя сифонами или трубочками, а в период подпитывания — одним сифоном или трубочкой, остальные переносят в другую секцию борозд.

В период смачивания, то есть подачи больших расходов воды, следят, чтобы не было размыва борозд.

По уклону дна борозды  $i$  и допустимым неразмывающим скоростям  $v$  можно подобрать необходимые параметры борозды (табл. 22).

**22. Изменение максимальных расходов и неразмывающих скоростей в борозде в зависимости от уклона ее дна для темно-каштановых суглинистых почв Заволжья (по данным Н. П. Старовой)**

Уклон дна борозды	Расход воды, л/с	Глубина воды, см	Смоченный периметр, см	Живое сечение, см <sup>2</sup>	Скорость движения, см/с	Гидравлический радиус, см	Коэффициент шероховатости (по Н. Н. Павловскому)
0,0020	2,6	3,1	31,3	166	15	5,3	0,041
0,0027	2,5	7,8	30,1	110	15	5,3	0,041
0,0030	2,3	6,7	27,0	143	16	5,3	0,046
0,0035	2,2	6,2	25,3	137	16	5,4	0,051
0,0044	1,7	5,8	24,4	115	15	4,7	0,059
0,0047	1,5	4,8	21,8	107	14	4,9	0,066
0,0060	1,2	4,5	20,5	80	15	3,9	0,058
0,0150	0,2	2,8	16,6	25	8	1,5	0,095

Полив по длинным (250...350 м) проточным бороздам переменной струей более производительный, чем по коротким затопляемым. Однако он более сложен, требуется навык у поливальщиков.

Чтобы установить расходы воды и продолжительность такого полива при заданной поливной норме, обычно проводят опыт-

ный полив наиболее типичных участков и наблюдают за контурами промачивания в начале, середине и конце поливной борозды. При неравномерном увлажнении поперечные контуры промачивания по длине борозды будут разными, то есть полив проведен неправильно. После одного-двух поливов контур промачивания можно установить прокопами поперек борозды. Глубину и равномерность увлажнения почвы контролируют и с помощью стального стержня-щупа диаметром 5...7 мм и длиной 1 м или датчиком. Влажность определяют по оси борозды, в откосе и на гребне, где обычно высажена культура. По контурам промачивания подсчитывают объемы вылитой воды на 1 га ( $m^3$ ) и коэффициенты равномерности полива:

$$K_p = m_{\text{кон}} / m_{\text{нач}},$$

где  $m_{\text{нач}}$ ,  $m_{\text{кон}}$  — поливная норма в начале и конце борозды,  $m^3/\text{га}$ .

При хорошем качестве полива  $K_p = 0,85...0,9$ , при удовлетворительном  $K_p = 0,75...0,8$ , при плохом  $K_p = 0,5...0,6$ .

Помимо полива по проточным бороздам переменной струей, проводят полив нормой добегаания и подбирают такой расход воды  $q$  в борозду и время полива  $t$ , чтобы за время продвижения струи до конца борозды (90...95 % ее длины) могло впитаться количество воды, соответствующее заданной поливной норме. Но, чтобы подобрать необходимые значения  $q$  и  $t$ , нужно знать водопроницаемость почвы, так как объем поданной  $qt$  и объем впитавшейся  $vt$  воды равны.

Норму добегаания  $m_{\text{доб}}$ , продолжительность добегаания струи до конца борозды  $t_{\text{доб}}$  и длину добегаания  $l_{\text{доб}}$  определяют по следующим формулам:

$$m_{\text{доб}} = \frac{10\,000qt}{al}; \quad t_{\text{доб}} = \left( \frac{vp'l}{q} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}; \quad l_{\text{доб}} = \frac{qt}{vp'}$$

где  $v$  — средняя скорость впитывания, м/ч;  $p'$  — активный смоченный периметр или поверхность впитывания борозды,  $m^2$ ;  $q$  — расход воды в борозду,  $m^3/\text{с}$ ;  $\alpha$  — коэффициент затухания скорости впитывания, равен 0,2...0,8.

Длина проточных борозд зависит от механического состава почв, рельефа и уклона местности. Чем лучше спланирована поверхность поля, больше уклон местности и тяжелее почва, тем длиннее может быть поливная борозда. Поливная норма обычно возрастает с увеличением длины борозды и уменьшением расхода воды в нее. В зависимости от длины борозды поливные нормы нетто изменяются от 600 до 1000  $m^3/\text{га}$ . При поливе нормой добегаания в случае неправильного сочетания расхода воды

в борозду и скорости впитывания поливная норма может быть ниже расчетной.

Продолжительность полива, расход воды и длину борозды вычисляют по следующим формулам:

$$t = \left( \frac{mal}{10\,000vp'} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}; \quad q = \frac{mal}{36\,000t}; \quad l = 36\,000 \frac{qt}{ma},$$

где  $v$  — средняя скорость впитывания, составляет 0,06...0,15 м/ч;  $p'$  — площадь смачивания 1 м борозды,  $p' = \lambda P$ , м<sup>2</sup>;  $P$  — смоченный периметр борозды, м;  $\lambda$  — коэффициент, учитывающий действие капиллярных сил, для песчаных почв  $\lambda = 1,5$ , для глинистых —  $\lambda = 2,5$ ;  $t$  — продолжительность полива, ч;  $\alpha$  — коэффициент затухания скорости впитывания во времени,  $\alpha = 0,2...0,8$ ;  $m$  — поливная норма нетто, м<sup>3</sup>/га;  $a$  — расстояние между бороздами,  $a = 0,6...0,9$  м;  $l$  — длина поливных борозд,  $l = 200...500$  м (в расчетах  $l = 1$ ).

*Проточные борозды со сбросом* обычно применяют на тяжелых суглинистых, часто малоразвитых, подстилаемых на небольшой глубине галечником почвах предгорных районов с уклонами местности 0,03...0,05. Чтобы борозды обладали наибольшей водоотдачей, их делают мелкими или средними. Вода, поданная в начале такой борозды, не задерживается в ее конце, а поступает в нижерасположенную, как правило, однобортную, выводную борозду и используется для полива нижележащей площади. Продолжительность полива зависит от водопроницаемости почвы. Разрыхление почвы повышает впитываемость борозд, уменьшает сброс и продолжительность полива.

Полив по проточным бороздам со сбросом проводят в три этапа: смачивание, подпитывание и сброс.

Для равномерного увлажнения почвы по длине борозды надо следить, чтобы  $T_{\text{смач}}$  было в несколько раз короче  $T_{\text{подпит}}$ . Быстрое смачивание позволяет уравновесить скорости впитывания воды в головной и хвостовой частях борозды и тем самым обеспечить более равномерное вертикальное и горизонтальное ее промачивание, то есть резко повысить качество полива. Поэтому в период смачивания расход воды в начале борозды в зависимости от ее длины должен составлять 1 л/с и более. При этом следят, чтобы он соответствовал объему заполнения борозды и чтобы не было ее размыва. Когда вода пройдет примерно 80...90 % длины борозды, расход воды сокращают до 0,25...0,5 л/с.

Сброс воды в конце борозды возрастает с насыщением почвы влагой, то есть по мере того, как неустановившийся процесс впитывания будет переходить в процесс фильтрации. Это наступает через 2...3 ч после начала полива. Если сброс боль-

шой — 60...80 %, то полив прекращают или снижают расход воды в начале борозды.

Качество полива устанавливают, сравнивая контуры прорачивания в начале и конце борозды и коэффициенты равномерности полива  $K_p$ .

Поливная норма при поливе по проточным бороздам со сбросом:

$$m_{ит} = m_{под} - m_{сбр},$$

где  $m_{под}$  — количество воды, поданное в начале борозды,  $м^3/га$ ;  $m_{сбр}$  — количество воды, сброшенной в конце борозды,  $м^3/га$ .

Сброс воды изменяется во времени обратно пропорционально скорости впитывания. По мере насыщения почвы влагой скорость впитывания снижается, а сброс увеличивается. Полив следует прекращать в тот момент, когда сброс достигнет 30...50 % объема воды, подаваемой в начало борозды.

Продолжительность ( $t$ ) полива по проточным бороздам со сбросом и расход воды ( $л/с$ ) в начале борозды определяют по формулам:

$$t = \frac{mal}{36\,000q(1-\delta)}; \quad q = \frac{mal}{36\,000t(1-\delta)},$$

где  $m$  — поливная норма,  $м^3/га$ ;  $a$  — расстояние между бороздами,  $м$ ;  $l$  — длина борозды,  $м$ ;  $\delta$  — сброс воды, доли поданного объема воды,  $\delta = 0,2...0,6$ .

Вследствие большого сброса поливной воды, низкого коэффициента ее использования полив по проточным бороздам в обычных условиях не рекомендуется.

Поливные нормы нетто при поливе по проточным бороздам со сбросом составляют в зависимости от почвы, уклона, длины борозды и удельного расхода 700...1200  $м^3/га$ .

Значения основных элементов техники полива по незатопляемым бороздам приведены в таблице 23 (данные КазНИИВХ).

**23. Основные элементы техники полива по бороздам при постоянном и переменном расходах в борозду в зависимости от водопроницаемости почв и уклона\***

Водопроницаемость почв	Уклон	Длина борозды, м	Расход воды в борозду, л/с		Продолжительность (ч) полива при $m = 800 \text{ м}^3/га$
			постоянный	переменный	
Сильная	0,001	80	0,7	0,8/0,5	2,0...2,5
( $v = 12...15$ см/ч)	0,003	120	1,0	1,2/0,7	2,5...3,0
	0,006	100	0,6	0,8/0,5	3,5...4,0

Водопроницаемость почв	Уклон	Длина борозды, м	Расход воды в борозду, л/с		Продолжительность (ч) полива при $m=800 \text{ м}^3/\text{га}$
			постоянный	переменный	
Средняя ( $v=6...8 \text{ см/ч}$ )	0,010	80	0,3	0,4/0,3	4,5...5,0
	0,030	60	0,1	0,15/0,1	12,0...14,0
	0,001	150	0,7	0,8/0,4	4,0...4,5
	0,003	250	1,0	1,2/0,6	4,5...5,0
	0,006	200	0,6	0,8/0,4	6,0...6,5
Слабая ( $v=3...4 \text{ см/ч}$ )	0,010	100	0,3	0,4/0,2	7,0...7,5
	0,030	80	0,1	0,15/0,07	16,0...18,0
	0,001	200	0,7	0,8/0,3	5,5...6,0
	0,003	300	1,0	1,2/0,5	6,0...6,5
	0,006	250	0,6	0,8/0,3	7,5...8,0
	0,010	150	0,3	0,4/0,15	9,0...10,0
	0,030	100	0,1	0,20/0,05	18,0...20,0

\* При средней и хорошей выровненности микрорельефа возможно увеличение длины борозд на 20...25 %.

### § 41. Полив напуском по полосам

Напуском по полосам поливают узкорядные культуры. Вода при таком поливе движется по поверхности почвы, ограниченной с двух сторон валиками, слоем 2...3 см.

Полив напуском по полосам может быть с боковым напуском воды (из горизонтальных канав) и с головным напуском (рис. 39).

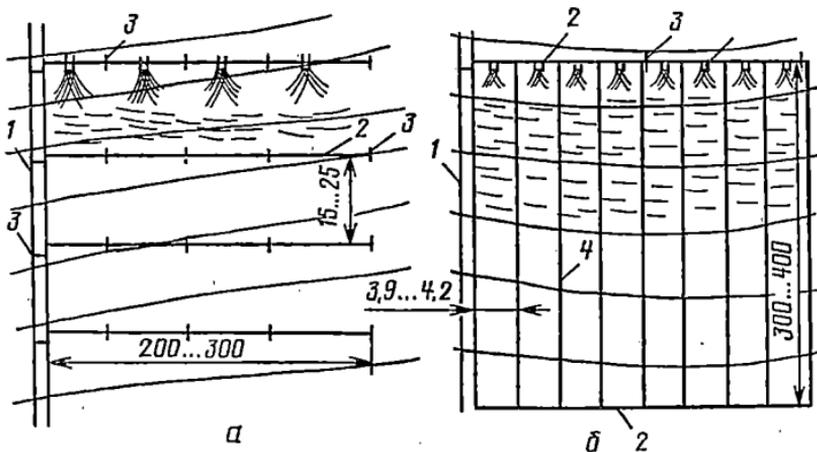


Рис. 39. Схема полива напуском по полосам:

а — боковой напуск воды; б — головной напуск воды; 1 — ороситель; 2 — выводная борозда; 3 — перемычки; 4 — валики. Размеры в м.

*Боковой напуск воды* на поливную полосу обычно применяют в предгорных районах при орошении зерновых, плодовых культур, трав, где уклоны составляют 0,03 и более. Канавы (глубиной 0,35...0,4 м) нарезают каналокопателями почти по горизонталям местности с уклоном 0,0005...0,001. Расстояния между ними оставляют 20...50 м. При выращивании плодовых культур такие канавы прокладывают вдоль рядов с нижней стороны с целью перехвата и использования для полива весенних талых и ливневых вод.

Тяжелые суглинистые почвы, часто подстилаемые галечником, и беспокойный микрорельеф предгорных районов вынуждают нарезать горизонтальные канавы с большими изгибами. При значительных неровностях такие канавы должны проходить по командным точкам местности. Полив в этих случаях проводят свободным напуском. Длину полос напуска принимают в зависимости от микрорельефа 100 м и более. Поливные нормы составляют 25...100 л/с.

Из-за больших уклонов и повышенных расходов полив выполняют по задернованной почве: по многолетним травам или зерновым перекрестного посева. Это защищает почву от водной эрозии. Воду подают в конце канала и выпускают на поверхность через водовыпуск или прокопы в наиболее повышенных местах.

Расстояние между водовыпусками или прокопами подбирают так, чтобы веер движения воды из одного выпуска сливался с другим и чтобы в местах стыков не было подсушенной земли.

Вода при поливе с верхней полосы, чтобы избежать сброса, должна поступать в нижерасположенную (вторую) канаву и накапливаться в ней. С этой целью нижерасположенную канаву делают однобортной. Её также включают в полив, при необходимости добавляя в неё пропорционально сбросу примерно  $\frac{2}{3}$  воды. Сбросная вода из второй канавы должна поступать в нижерасположенную третью и т. д. При правильной организации полива, когда работают по склону все горизонтальные канавы и вода течет с верхних ярусов на нижние, он принимает вид каскадного.

Удельный расход воды на 1 м ширины полосы обычно устанавливают опытным путем. Так как такой полив проводят по задернованной почве, то удельный расход здесь составляет 10...15 л/с. При малых расходах невозможно равномерно распределить воду по площади, прилегающей к водовыпуску, и полив становится малопродуктивным.

*Головной напуск воды* применяют в основном для полива узкорядных культур. Вода из картовых оросителей, полевых

трубопроводов или выводных борозд поступает на полосы шириной в один (3,6...4,2 м) и два (7,2...8,4 м) прохода дисковой сеялки. Полосы ограничивают с боковых сторон земляными валиками высотой 0,3...0,4 м. Их насыпают перед сеялками полосообразователями (типа риджера) или каналокопателями-валикоделателями.

При выращивании зерновых и трав валики засевают. Чтобы валик не разрушался при проходе сеялки, штанги высевающих агрегатов, идущих по нему, регулируют.

При отсутствии специальных машин полосы напуска для проведения влагозарядковых поливов можно нарезать плугами с удлиненными вторым и третьим отвалами.

При поливе особое внимание обращают на выравнивание поверхности полосы и заравнивание приваликовых борозд, образующихся при нарезке валиков. Поперечный уклон даже для узких (3,6...4,2 м) полос допускается не более 0,002...0,003. При больших поперечных уклонах и более широких полосах вода скатывается к нижнему валику и неравномерно увлажняет поверхность полосы. Нередко вода прорывает валик и устремляется поперек полосы, разрушая и другие валики. При наличии приваликовых борозд вода не заливает полосы, а идет вдоль валиков и в местах подпора разрушает их. Поэтому, чтобы исключить образование приваликовых борозд, при поделке валиков одновременно с посевом сзади сеялки цепляют легкие волокуши. На широких (15...20 м) полосах для их заравнивания (после нарезки валиков каналокопателями-валикоделателями) перед посевом пускают легкие тракторные волокуши. Для равномерного распределения поливной воды перед посевом культур используют поливную доску.

Полив напуском по полосам, как правило, проводят нормой добегаания. В этом случае подбирают такой расход воды  $q$  на полосу, чтобы количество воды, поданное за время полива, соответствовало заданной поливной норме, то есть количество поданной воды было равно количеству впитавшейся:

$$qt = vt^\alpha,$$

где  $q$  — расход воды, л/с;  $v$  — скорость впитывания,  $v = 0,05...0,15$  м/ч;  $t$  — время полива,  $t = 4$  ч и более;  $\alpha$  — коэффициент затухания скорости впитывания во времени,  $\alpha = 0,2...0,8$ .

По удельному расходу  $q$  на 1 м ширины полосы и ширине полосы  $a$  определяют расход воды на полосу. При  $q = 5$  л/с и  $a = 8,4$  м  $q_n = qa = 5 \cdot 8,4 = 42$  л/с.

Подачу воды на полосу прекращают после того, как вода пройдет 75...85 % длины полосы, во избежание концевого сброса.

Полив нормой добегаания дает возможность снизить поливные нормы до 600...800 м<sup>3</sup>/га. Возможность регулирования поливных норм умелым подбором значений  $q$ ,  $t$  и  $l$  делает этот способ полива гибким. При одном и том же удельном расходе воды на полосу уменьшение уклона в 2 раза обычно увеличивает продолжительность и норму полива на 60 %, а производительность труда снижает в 2 раза.

Полив напуском по полосам можно проводить и переменной струей. Сочетание нормы добегаания с нормой подпитывания позволяет точнее регулировать поливную норму. Полосу напуска в этом случае поливают, как и незатопляемую борозду, в два этапа: смачивание и подпитывание. Для смачивания полосы дают большой расход воды — 10 л/с и более на 1 м ее ширины, а для подпитывания его уменьшают в 2...3 раза. При длинных (300...350 м) полосах в период подпитывания удельный расход воды не рекомендуют брать менее 3 л/с, так как это не только затягивает полив, но и не дает равномерного покрытия поверхности полосы слоем воды. Головной напуск воды со сбросом в таких случаях, как правило, недопустим, так как приводит к водной эрозии. На больших уклонах, если полив трудно осуществить без частичного сброса, сбросные воды целесообразно использовать на нижерасположенных участках. Длина полос зависит от механических свойств почв, и в частности от водопроницаемости и уклона. На легких, водопроницаемых почвах она должна быть примерно в 1,5...2 раза короче, чем на тяжелых, — обычно не превышает 200 м. При хорошо спланированной поверхности поля длина полос может достигать 600 м. Удлинение полосы напуска требует значительного увеличения расходов воды на полосы.

Сравнительная эффективность способов полива дождеванием, по бороздам и полосам приведена в таблице 24 (данные Б. Г. Штепы)..

В зависимости от скорости впитывания воды в почву, поливной нормы при удельном расходе воды 20 л, уклона поверхности поля рекомендуется принимать следующие длины полос с головным напуском воды (табл. 25).

Полив по полосам, как и полив по бороздам, требует контроля за равномерностью увлажнения. С этой целью в начале, середине и конце полосы буром берут образцы почвы для определения ее влажности и коэффициента равномерности  $K_p = m_{\text{кон}}/m_{\text{нач}}$ .

При хорошем качестве полива  $K_p = 0,85...0,9$ .

Возможность нарезки полос напуска различной ширины и длины, подача сосредоточенных и повышенных расходов воды, наличие засеваемых валиков, высокая производительность труда

24. Сравнительная эффективность способов полива дождеванием по бороздам и полосам

Культура, урожайность	Способ полива	Затраты труда на 1 га, ч		Издержки производства на 1 га, р.		Себестоимость 1 т основной продукции, р.
		всего	на полив	всего	на полив	
Озимая пшеница Урожайность 4 т/га	Дождевание	45,4	29,1	123,1	64,1	30,2
	По бороздам или полосам	42,4	27,3	76,7	17,8	18,6
Кукуруза на силос Урожайность 50 т/га	По широким и длинным полосам	21,2	4,8	67,4	8,5	16,3
	Дождевание	98,1	31,6	238,0	60,0	4,8
	По бороздам и полосам	96,1	29,6	192,8	23,7	3,9
	По широким и длинным полосам	71,5	5,0	78,8	9,7	1,6

25. Рекомендуемая длина полосы с головным напуском воды (данные Б. Г. Штепы)

Скорость впитывания, см/ч	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Уклон			
		0,001	0,001...0,002	0,002...0,003	0,003...0,005
6	1000	—	—	400	800
	1200	400	600	800	1000
	1500	750	900	1000	1000
6...12	1200	—	—	300	400
	1500	400	550	700	800
12...18	1200	—	—	—	300
	1500	—	325	375	425

делают этот способ полива особенно перспективным в таких районах, как Заволжье, юг Украины, Казахстан и др.

Отдельные параметры полива напуском по полосам определяют по следующим формулам:

$$t = \left( \frac{ma}{10\,000W} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}};$$

$$q = \frac{v}{C^2 t^{0.5}}; \quad l = 36\,000 \frac{qt}{ma}; \quad m = 36\,000 \frac{qt}{al},$$

где  $W$  — скорость впитывания воды в почву,  $W = 0,06 \dots 0,15$  м/с;  $a$  — ширина полосы, принимаемая в расчетах 1 м;  $\alpha$  — показатель изменения скорости впитывания воды в почву во времени;  $q$  — удельный расход воды на 1 м ширины полосы, м<sup>3</sup>/с или л/с;  $l$  — длина полосы,

$l=200\text{--}500$  м;  $i$  — продольный уклон полосы,  $i=0,001\text{--}0,01$ ;  $v$  — допустимая скорость движения воды по полосе, равна  $0,1\text{--}0,2$  м/с;  $C$  — скоростной коэффициент, равен для засеянных полос 3...4, для незасеянных 5...6;  $m$  — поливная норма нетто, составляет  $1000\text{--}1500$  м<sup>3</sup>/га;  $t$  — продолжительность полива, ч.

*Пример.* Требуется определить удельный расход воды  $q$ , длительность полива  $t$  и длину полосы  $l$ ,  $v=0,18$  м/с,  $i=0,008$ ,  $C=3$ ,  $W=0,085$  м/с,  $\alpha=0,5$ .

$$q = \frac{v}{C^2 i^{0.5}} = \frac{0,18}{3^2 \cdot 0,008^{0.5}} = \frac{0,18}{0,036} = 5 \text{ л/с};$$

$$t = \left( \frac{ma}{10\,000W} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} = \left( \frac{1200 \cdot 1}{10\,000 \cdot 0,085} \right)^{\frac{1}{1-0,5}} = 2 \text{ ч};$$

$$l = 36\,000 \frac{qt}{ma} = \frac{36\,000 \cdot 5 \cdot 2}{1200} = 300 \text{ м};$$

$$m = 36\,000 \frac{qt}{al} = \frac{36\,000 \cdot 5 \cdot 2}{300} = \frac{360\,000}{300} = 1200 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Основные параметры полива с головным напуском воды по полосам можно также установить по готовым таблицам, графикам или номограммам.

## § 42. Техника распределения поливной воды

Техника распределения поливной воды и производительность труда в современном орошаемом хозяйстве связаны с механизацией и автоматизацией полива. При поливе по бороздам и напуском по полосам поливная вода может распределяться несколькими способами: обычным; с помощью трубок и сифонов; с помощью металлических и гибких полиэтиленовых и капроновых трубопроводов; из стационарных закрытых трубопроводов; поливными машинами.

При обычном распределении простое открытие оголовков борозд и полос напуска приводит к поступлению воды из временных оросителей в выводные борозды, из них в распределительные, а потом в поливные. Производительность труда здесь зависит не только от правильного направления и уклонов, но и от конструкции выводных и распределительных борозд. В этом отношении, помимо обычных двубортных выводных и распределительных, эффективны однобортные борозды, разработанные ЮжНИИГиМ. Полив из однобортных выводных борозд проводят при продольной и поперечной схемах расположения оросителей. Длина борозд в зависимости от спланированности трассы составляет  $100\text{--}150$  м, расход в картовый ороситель —  $60\text{--}100$  л/с, расход в выводную борозду —  $30\text{--}50$  л/с. Выводные и



Рис. 40. Подача воды сифоном из оросителя в поливные борозды.

распределительные борозды нарезают с малым уклоном (до 0,001). Вода непосредственно из выводной борозды или через распределительные поступает в открытые оголовки поливных борозд, дно которых имеет одинаковую отметку. При хорошо спланированной выводной борозде длиной 100...150 м одновременно можно включать в полив 100 поливных борозд и более, а из распределительной борозды — до 30.

При тщательно подготовленной трассе выводных и распределительных борозд поливаль-

щик может управлять расходом до 100 л/с, включая в полив вместе с помощником две-три выводные борозды. Производительность труда при хорошо организованном поливе достигает 4 га за смену. Недостаток этого способа распределения поливной воды — необходимость тщательной предварительной подготовки участка к поливу и значительные затраты ручного труда.

При распределении поливной воды с помощью трубок и сифонов (рис. 40) выводные борозды и картовые оросители нарезают с минимальным уклоном (0...0,001). Работы проводят одновременно на двух смежных участках: один поливают, другой готовят к поливу. Трубки и сифоны устанавливают на одном уровне по всей длине выводной борозды или на отдельных отрезках (бьефах) временного оросителя или бетонного лотка, чтобы с помощью подпорных переносных щитков по длине выводной борозды и на отрезках временного оросителя создавался одинаковый напор. При одинаковом напоре в трубки и сифоны будут поступать одинаковые расходы воды, что обеспечит не только одновременное включение, но и выключение из полива поливных борозд, а следовательно, и равномерное увлажнение почвы по длине борозды. При правильной установке трубок и сифонов можно одновременно включать 200 поливных борозд и более.

Трубки для полива могут быть алюминиевыми, полиэтиленовыми или резиновыми. Для полива пропашных культур применяют трубки длиной 70...80 см, для плодовых и ягодных культур — 100...120 см. Наиболее удобны и дешевы полиэтиленовые трубки.

Из-за трудоемкости работ по установке трубки и сифоны, как правило, оставляют на поле весь поливной сезон. Чтобы их не повредить при пропашке борозд, своевременно выключают лапы культиватора.

Расходы воды в поливную борозду и пропускная способность сифона зависят от напора воды и диаметра отверстий поливных трубок и сифона (табл. 26, 27).

**26. Расходы воды (л/с) в поливную борозду в зависимости от диаметра поливных трубок**

Напор, см	Диаметр поливных трубок, мм				
	18	27	30	40	45
2	0,06	0,10	0,20	0,40	0,50
4	0,10	0,18	0,32	0,60	0,80
6	0,16	0,24	0,40	0,78	1,00
8	0,20	0,30	0,47	0,90	1,15
10	0,22	0,34	0,52	1,00	1,29
12	0,25	0,39	0,58	1,08	1,40
14	0,28	0,42	0,62	1,15	1,53
16	0,31	0,48	0,68	1,22	1,64
18	0,34	0,52	0,71	1,30	1,75
20	0,38	0,55	0,75	1,36	1,85

**27. Расходы воды (л/с), поступающие через сифоны с различным диаметром, в зависимости от разности уровней воды в верхнем и нижнем бьефах**

Напор воды, см	Внутренний диаметр сифона, мм				
	20	30	40	50	60
2	0,12	0,26	0,51	0,83	1,23
4	0,17	0,38	0,73	1,18	1,75
6	0,20	0,45	0,88	1,42	2,10
8	0,24	0,53	1,03	1,65	2,45
10	0,26	0,58	1,14	1,83	2,72
12	0,30	0,66	1,28	2,07	3,16
14	0,34	0,69	1,36	2,18	3,24

Поливальщик во время полива регулирует напор в оросителе, очищает засорившиеся поливные трубки и сифоны, следит за продвижением воды по бороздам и др. Производительность его труда за смену при длине борозд 300...400 м достигает 3...4 га.

Распределение поливной воды с помощью металлических и гибких полиэтиленовых и капроновых поливных трубопроводов применяют при уклонах поверхности земли 0,015 и более. Поливные трубопроводы прокладывают вместо выводных борозд. В них устраивают отверстия на расстоянии, равном ширине междурядий, — 60...70 см.

Металлические трубопроводы составляют из труб длиной 5 м, а их отверстия оборудуют водовыпусками с насадками повышенного сопротивления. Насадки гасят излишний напор и обеспечивают свободное истечение воды без размыва борозды. В зависимости от напора в трубопроводе отверстия пропускают расход воды 0,3...1,5 л/с. Трубопровод лучше работает, если вначале его напор равен 3...6 м, минимальный напор 1 м. Длина металлического поливного трубопровода обычно 150 м и более. Укладывают металлические трубопроводы вручную.

Для полива очень удобны трубы-шлейфы длиной 200...300 м с полозьями, перемещаемыми волоком. При перемене позиции трубы демонтируют и перевозят на тракторной тележке. Для включения в полив большего числа поливных борозд трубопроводы прокладывают с небольшим уклоном.

Гибкие капроновые и полиэтиленовые трубопроводы легче металлических. Их размещают в междурядьях растений. Они могут работать под напором 3...4 м. При этом вода, изливающаяся из отверстий, не размывает почву. Водовыпускные отверстия устраивают в зависимости от расхода диаметрами 14,7; 16,7; 18,7; 20,7; 25; 30 мм и оборудуют клапанами с конусными пробками для регулирования подачи воды в борозду и перекрытия отверстий. При поливе напуском по полосам используют трубы с большими диаметрами отверстий. Благодаря герметичности конусных пробок поливной трубопровод на любом участке можно превратить в транспортирующий.

Вода в поливные гибкие трубопроводы поступает из картонных оросителей или из транспортирующих гибких трубопроводов. Отдельные звенья трубопроводов соединяют жесткими муфтами и хомутами. В местах ответвлений поливных трубопроводов от транспортирующих устанавливают тройники или крестовины. Для большей устойчивости и равномерной раздачи воды гибкие трубопроводы прокладывают по предварительно нарезанной борозде или полосе с уклоном не более 0,001.

Транспортирующие трубопроводы укладывают по большому уклону местности, а поливные — вдоль горизонталей (при продольной схеме) или параллельно транспортирующему трубопроводу (при поперечной схеме). Из транспортирующих трубопроводов в поливные вода поступает через гидранты, а из картонных оросителей — через трубчатые водовыпуски. При недостатке напора или заборе воды из оросителей, находящихся в выемке, используют водозаборное устройство ПВУ-200.

Применение металлических и гибких капроновых или полиэтиленовых трубопроводов позволяет поливать широким фронтом два-три участка и одновременно включать в работу из одного трубопровода 200...300 поливных борозд. Производительность

труда при таком распределении воды в два-три раза выше, чем при обычном распределении.

Чтобы трубопроводы не заиливались, скорость движения воды в них должна быть не менее  $0,7...0,8$  м/с, крупность наносов, поступающих с водой в трубопроводы, — не более  $0,1$  мм, а их содержание — не более  $1$  г/л.

Распределение поливной воды из закрытых стационарных трубопроводов (рис. 41) дает наибольшую эффективность при выращивании многолетних насаждений, плодовых и ягодных культур. Трубопроводы выполняют асбестоцементными и укладывают на глубине  $35...40$  см. Отверстия диаметрами  $3...9$  мм в трубах просверливают после их укладки (до засыпки землей) на расстоянии  $0,7...1$  м или на ширину междурядий. Вода из отверстия выбивается на поверхность (в виде отдельных родничков, образующих воронки шириной  $30...40$  см) и поступает в борозды. Во избежание смыкания воронок размыва над отверстиями устраивают фильтры из суглинистого грунта, обработанного препаратом К-4, или отверстия засыпают гравием ( $8...10$  кг на одну воронку). Для равномерного распределения воды по бороздам в начале трубопровода создают напор  $1,5...5$  м.

Закрытый трубопровод обычно составляют из отдельных труб общей длиной  $200...300$  м, диаметрами  $141, 189, 279$  и  $368$  мм.

Трубы прокладывают с небольшим уклоном — вдоль горизонталей  $0,0005...0,001$ , чтобы геодезический напор был равен потерям напора на трение. Так как в процессе полива из трубопровода расход воды в нем снижается, а напор возрастает, то в целях экономии трубы берут разного диаметра.

Расход воды в каждое отверстие строго регулируется не только диаметром, но и напором воды в трубопроводе. В каждый закрытый поливной трубопровод подается расход  $25...50$  л/с. Вода из закрытого транспортирующего трубопровода поступает в поливную под напором  $4...6$  м. Расстояние между транспортирующими трубопроводами при продольной схеме принимают

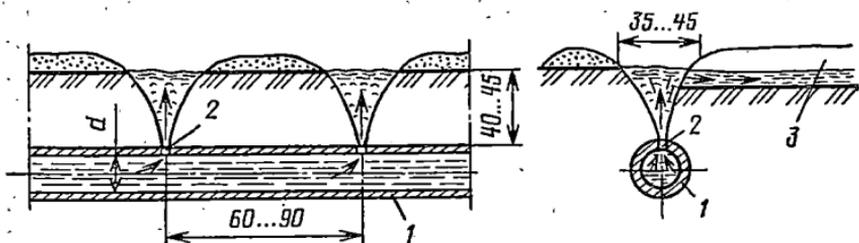


Рис. 41. Схема распределения поливной воды из закрытого трубопровода: 1 — асбестоцементный трубопровод; 2 — водовыпускные отверстия диаметром  $3...9$  см; 3 — поливная борозда. Размеры в см.

равным 400...500 м, при поперечной — 200...300 м. После открытия задвижки вода из закрытого поливного трубопровода попадает в поливные борозды. Автоматически поливается площадь 6...10 га.

Воду по длине поливных борозд в дневное и ночное время распределяют один-два поливальщика. Один поливальщик может обслуживать два трубопровода, из которых вода поступает одновременно в 500...600 борозд. Производительность труда при таком поливе по сравнению с обычным выше в 3...4 раза.

На самонапорной оросительной системе воду по бороздам распределяют комбинированным способом. В верхней части склона, где напор менее 4...5 м, полив проводят с помощью гибких трубопроводов, в нижней, где напор достигает 4...5 м, — из закрытых трубопроводов.

Чтобы закрытые трубопроводы не засорялись взвешенными наносами и не заиливались, скорости воды в них должны быть не менее 0,7...0,8 м/с. Наносы крупнее 0,1 мм не должны поступать в систему. Чтобы трубы не засорялись мусором, в местах выпуска воды из канала устанавливают решетку. Во избежание заиливания проводят гидравлическую промывку труб, с этой целью в конце трубопровода устраивают концевые сбросы.

*Распределение поливной воды поливными машинами* применяют при выращивании различных сельскохозяйственных культур. Хорошо себя зарекомендовал при поливе по бороздам поливной передвижной агрегат ППА-165У. Он состоит из следующих основных узлов: навесной насосной станции, гибкого поливного трубопровода с водовыпусками, механизма намотки и раскладки поливного трубопровода. Насосная станция забирает воду из водоема (оросительного канала, сбросного коллектора и т. д.) и подает ее в поливной трубопровод, который и распределяет воду по бороздам. Поливной трубопровод смонтирован из трех отрезков шлангов длиной 100 м, выполненных из капроновой прорезиненной ткани и соединенных между собой патрубками и зажимными хомутами. Расстояние между водовыпусками равно ширине междурядий.

Механизм намотки предназначен для дистанционной раскладки, сборки и транспортировки поливного трубопровода. Он состоит из подвижной рамы, монтируемой на лонжеронах впереди трактора, съемного барабана-контейнера поливного трубопровода, барабана для троса, мотор-редуктора, приводимого в действие от гидросистемы трактора.

Перед поливом барабан-контейнер с поливным трубопроводом устанавливают в конце поля с помощью гидроцилиндра. Затем тракторист ставит трактор с насосной станцией у водоема, тросолебедочным механизмом разматывает поливной трубопро-

вод и включает агрегат в работу. По окончании полива поливной трубопровод собирают. Обслуживают агрегат тракторист и рабочий.

Площадь, поливаемая ППА-165У с одной позиции, составляет 8...10 га, производительность в час чистой работы при поливной норме 1200 м<sup>3</sup>/га — 0,6 га.

Для полива по чекам (затоплением) сопутствующих культур в рисовом севообороте, а также проведения влагозарядковых и промывных поливов используют поливную передвижную агрегат ППА-300. Он состоит из следующих основных узлов: рамы, насоса ОГБ-30 с редуктором, всасывающего металлического и гибкого поливного с водовыпусками трубопроводов, механизма намотки и сборки поливного трубопровода, эжектора. Насос, всасывающий трубопровод с гидрофицированным механизмом подъема и приборный щит с манометром и вакуумметром смонтированы на раме, снабженной устройством для соединения с механизмом навески трактора.

Полливной трубопровод выполнен из двух отрезков капроновых прорезиненных шлангов длиной по 120 м, соединенных между собой патрубками и хомутами. На каждом отрезке трубопровода расположено 12 водовыпусков (6 слева и 6 справа, что позволяет проводить полив по обе стороны от трубопровода) и 6 полотенец — гасителей напора струи воды (предотвращают размыв почвы под водовыпусками). Раскладывают трубопровод по трассе при движении трактора вперед от оросителя или к оросителю. По окончании раскладки отрезки соединяют, при этом водовыпуски располагают в одной плоскости, а полотна гасители — со стороны начала полива. После включения насоса в работу вода из трубопровода по водовыпускам поступает в чеки.

Производительность ППА-300 в час чистой работы при поливной норме 1200 м<sup>3</sup>/га составляет 0,63 га.

## § 43. Полив затоплением

Полив затоплением применяют при выращивании культур (рис, кукуруза, люцерна, озимая и яровая пшеница, ячмень, овес, сорго и др.), хорошо переносящих кратковременное затопление слоем воды. Для него характерны: высокая производительность труда (15...20 га за смену на одного поливальщика), возможность осуществления контроля и автоматизации (качество полива определяется наличием слоя воды 10...15 см), простота устройства мелкой регулирующей оросительной сети (вся сеть состоит из оросителей-дрен и земляных постоянных валиков).

Поле для полива разбивают (земляными валиками) на постоянные чеки площадью 4 га и более. Для равномерного покры-

тия водой и создания нужной глубины затопления чек должен иметь хорошо спланированную поверхность. Перепад в отметках чек на поле не должен превышать 0,3 м. Большой перепад приводит к застою воды и солей и вымоканию посевов в пониженных местах.

Затопление чека водой может быть периодическим (воду подают через 7 или 8 сут) и постоянным (необходимый слой воды поддерживают с начала всходов или кущения до начала восковой спелости).

С целью уменьшения поливных норм и переувлажнения почвы постоянные чеки разбивают на более мелкие временные площадью 0,25...0,5 га или полосы полива шириной 12,5...25 м. Их ограничивают временными земляными валиками высотой 0,3...0,4 м. Для пропашных культур в постоянных чеках нарезают глубокие (0,18...0,2 м) поливные борозды шириной поверху 0,35...0,4 м. Это обеспечивает быстрое продвижение воды по чеку, а следовательно, и более равномерное и оптимальное увлажнение почвы, снижение поливных норм в крупных чеках с 4000...4500 до 1200...1500 м<sup>3</sup>/га, защиту от застоя воды в микропонижениях и быстрое освобождение чека от избытка воды. Длина чек или полос полива, а также глубоких поливных борозд соответствует ширине постоянного чека, а именно 200...250 м.

Воду в чеки или полосы подают из временного оросителя в водоприемную или распределительную борозду, которая объединяет секцию поливных борозд или полос напуска. Каждый чек обслуживает одна водоприемная или распределительная борозда. После затопления чека всю излишнюю воду во избежание гибели растений отводят в водосбросный канал, а оттуда в картовый сброс.

В начальный период роста и развития сельскохозяйственных культур особенно опасно длительное затопление, поэтому допустимая длительность стояния воды в чеке даже слоем 0,12 м в этот период не должна превышать 0,5 сут. В период полного роста растений длительность затопления допускается не более 1 сут.

По данным А. Н. Костякова, допустимая продолжительность затопления сельскохозяйственных культур в период вегетации не должна превышать для овощных 0,25 сут, для зерновых колосовых 0,5, для пастбищ 0,8, для сенокосов 1,5 сут.

При поливе культур затоплением очень важно правильно установить расходы воды по элементам оросительной и чековой сети. В основе расчета лежат площадь чека и поливная норма. Чем больше площадь чека и меньше расчетная норма полива, тем быстрее он заполняется водой, а следовательно, и больше расход воды, подаваемый в чек. Чтобы определить расход воды

в чек  $Q_{\text{ч}}$ , надо знать площадь чека  $\omega_{\text{ч}}$  и удельный расход  $q_{\text{уд}}$ :  $[\text{л}/(\text{с}\cdot\text{га})]$ :

$$Q_{\text{ч}} = q_{\text{уд}}\omega_{\text{ч}}$$

Удельный расход воды возрастает с увеличением площади чека и уменьшением поливных норм. При площади чека 4...5 га он составляет 20...40 л/(с·га), при площади 15...20 га — до 60...80, при площади 40...50 га — 100 л/(с·га) и более. Связь между поливной нормой  $m$ , площадью чека  $\omega_{\text{ч}}$  и удельным расходом  $q_{\text{уд}}$  применительно к светло-каштановым почвам можно представить следующим образом (по В. С. Кукушкину):

$$\omega_{\text{ч}} = 0,01m + 0,24q - 21,51.$$

Чем меньше уклон поверхности чека, тем быстрее он заполняется.

В районах Заволжья (Кисловская и Средне-Ахтубинская оросительные системы) при маловыраженных и западных уклонах местности затоплением поливают кукурузу и ряд других кормовых культур, а в отдельных хозяйствах — плодовые сады и овощные культуры. При нарезке глубоких борозд в чеке и быстром отводе излишней воды овощные хорошо переносят затопление.

Наибольшее распространение полив затоплением получил при возделывании риса. Современные инженерные рисовые системы состоят из комплекса сооружений, обеспечивающих своевременное и равномерное затопление орошаемых площадей, поддержание требуемой глубины воды, отвод сбросных вод, учет количества подаваемой воды: оросительных и сбросных каналов, внутривладельческих и участковых распределителей-водоотпусков, водоотпусков-регуляторов и т. д. В зависимости от рельефа местности они могут быть с односторонним и двусторонним командованием картового оросителя (рис. 42). Коэффициент земельного использования на таких системах составляет 0,85...0,95.

Первичный элемент рисовой системы — рисовая карта, ограничена оросительными и водосбросными каналами и разделена поперечными земляными валиками (переходного профиля с заложением откосов  $m=4...5$ ) на чеки.

Рисовые чеки площадью 1...5 га располагают длинной стороной вдоль горизонтали местности. Длина их (400...1200 м) равна ширине рисовой карты, ширина зависит от уклона участка и чаще всего составляет 150...200 м. Таким образом, по длине рисовой карты располагается целая цепочка чек, каждый из которых имеет отдельный водоотпуск и водосброс. Это позво-

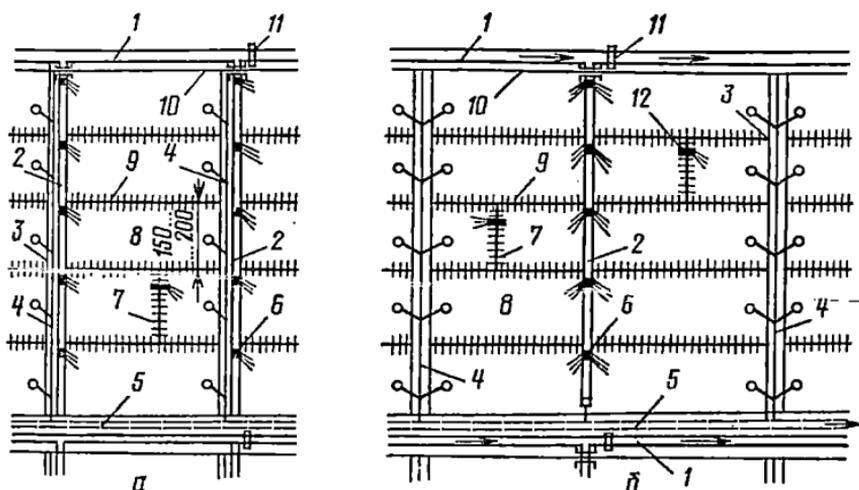


Рис. 42. Типовая схема поливных участков инженерной рисовой системы при одностороннем (а) и двустороннем (б) командовании картового оросителя:

1, 2 — внутрихозяйственный и картовый оросители; 3, 6 — водовыпуски из чека и в чек; 4 — картовый сброс; 5 — внутрихозяйственный коллектор; 7 — продольный валик; 8 — чек; 9 — поперечные валики; 10 — дороги; 11 — подпорные сооружения; 12 — водовыпуск из чека в чек. Размеры в м.

ляет регулировать слой воды в чеке независимо от глубины затопления соседних. Продольные валики рисовой карты делают с более крутыми откосами ( $m=1:1,5$ ), они непроходимы для сельскохозяйственных машин.

Оросительные каналы рисовой системы должны командовать над орошаемой площадью. Уровень воды в них должен быть на 20 см выше отметки поверхности земли наиболее высоко расположенного чека, а уровень воды в сбросном канале — на 0,5 м ниже отметки поверхности земли самого низкорасположенного чека. Вдоль постоянных каналов прокладывают дорожную сеть и создают лесные полосы. Полотно дороги рекомендуется устраивать на 0,5 м выше поверхности рисового чека.

Задача поливальщиков на рисовых системах сводится в основном к регулированию водовыпусков. На инженерных рисовых системах производительность их труда достигает 30 га.

Полив затоплением легко автоматизируется путем установки автоматических водовыпусков, управлять которыми можно с центрального диспетчерского пункта.

Оросительные нормы при возделывании риса составляют 10 тыс. м<sup>3</sup> и более. Они зависят от биологических особенностей возделываемых сортов, степени засоленности и водопроницаемости почв.

Расход воды, подаваемый на рисовые чеки:

$$Q = Fq,$$

где  $F$  — площадь чека, га;  $q$  — удельный расход, принимают 30..100 л/(с·га).

Средний слой затопления чека должен быть не более 15 см, а разность глубин воды у верхнего и нижнего валиков — не более 10 см.

#### § 44. Планировка орошаемых площадей

Планировка орошаемых площадей позволяет повысить производительность труда на поливе, его качество, коэффициент использования оросительной воды, равномернее увлажнять почву, обеспечить равномерную заделку семян, получить дружные всходы культур и т. д. Она может быть капитальной (основная, строительная) и эксплуатационной (текущая).

*Капитальную планировку* выполняют в соответствии с проектом, который разрабатывают для каждого поливаемого участка. В проекте по материалам топографической съемки местности определяют размеры срезок и насыпей почвогрунта, объем земляных работ, составляют схему организации планировочных работ, вычисляют их стоимость. При этом стремятся достичь минимального объема земляных работ.

Объем земляных планировочных работ зависит от макро-рельефа. При спокойном рельефе он может достигать 450 м<sup>3</sup>/га, при сложном — 900 м<sup>3</sup>/га.

Характер планировочных работ определяется способом полива. При поливе напуском по полосам необходимо создать ровную поверхность почвы по длине и ширине поля. При этом продольный уклон должен быть в пределах 0,001...0,03, поперечный — не более 0,002. При поливе по бороздам продольный уклон должен составлять 0,001...0,003, поперечный — не более 0,002. При поливе затоплением необходима практически горизонтальная поверхность чеков.

Чтобы плодородие почв не снижалось, глубину срезок и насыпей допускают не более 20 см. На темно-каштановых почвах и черноземах при глубине срезки 10 см урожай сельскохозяйственных культур снижается на 15...20 %, а при глубине 20 см — на 50...60 %. Если необходимы более глубокие срезки верхнего слоя почвы, в проектах планировочных работ предусматривают снятие и перемещение верхнего плодородного почвенного слоя в сторону, затем срезку почвогрунта на необходимую глубину и возвращение снятого плодородного слоя на прежнее место.

Планировку орошаемых полей начинают с глубокой вспашки. Необходимый слой грунта срезают и насыпают скреперами или бульдозерами. Контроль за ходом работ осуществляют с помощью нивелира или визирок, с учетом осадки насыпного почвогрунта и его взрыхления на местах срезов.

Чтобы избежать пестроты плодородия почвенного покрова после планировки полей и снижения урожая сельскохозяйственных культур, в почву, особенно в местах срезов, вносят повышенные дозы органических и минеральных удобрений. В первый год после планировки на этих полях желательнее возделывать многолетние травы, горох и другие культуры сплошного посева.

*Эксплуатационную планировку* выполняют ежегодно. Основная цель ее — частичное выравнивание полей, микрорельеф которых нарушился в процессе эксплуатации, перед поливом. Вследствие воздействия на почву поливной воды, механизмов при ее обработке, уборке урожая и других сельскохозяйственных работах на полях появляются свальные гребни, развальные борозды, неровности в местах бывших трасс глубоких борозд и временной оросительной сети.

Эксплуатационная планировка — неотъемлемая часть агротехнического комплекса орошаемого земледелия. Ее проводят осенью по зяблевой вспашке без дополнительного нивелирования и составления проекта. Весеннее выравнивание полей непосредственно перед посевом вызывает пересушивание почвы, задерживает посев и появление всходов.

Эксплуатационную планировку выполняют выравнивателями, длиннобазовыми планировщиками различной конструкции, а также простейшими деревянными и металлическими волокушами.

## § 45. Поверхностный полив сада

При поливе садов следует учитывать то, что диаметр распространения корневой системы плодовых деревьев в 2...3 раза шире диаметра распространения кроны. При возрасте деревьев 20 лет и более корни их уходят в сторону от ствола на 7 м и более и под кроной находится лишь около 30 % всех горизонтальных корней.

Поверхностный полив сада может быть по чашкам, по кольцевым, параллельным, параллельным в сочетании с поперечными или диагональными бороздами, по бассейнам, из подземных трубопроводов.

*Полив по чашкам* (рис. 43) трудоемок и применяется в небольших по площади садах. Вокруг каждого дерева делают кругообразные углубления — чашки, по диаметру равные проекции

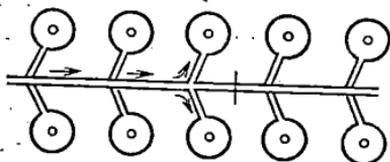


Рис. 43. Схема полива сада по чашкам.

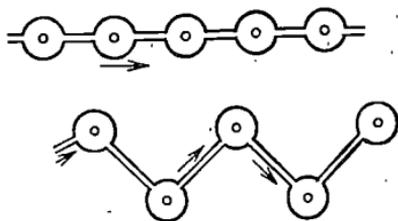
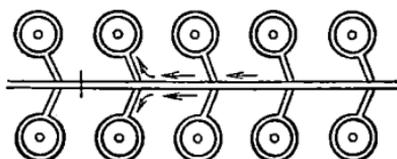


Рис. 44. Схема полива сада по кольцевым бороздам.



кроны, и ограждают их земляными валиками высотой 10...15 см. Вода в чашки поступает из продольной борозды (одновременно в две чашки или один ряд деревьев). Почва увлажняется только под кроной деревьев.

*Полив по кольцевым бороздам* (рис. 44) характеризуется меньшей по сравнению с поливом по чашкам площадью увлажнения почвы. Вокруг дерева нарезают борозды диаметром  $\frac{2}{3}$ ... $\frac{3}{4}$  диаметра кроны. Вода в них попадает из продольных борозд. К недостаткам этого полива относятся: неравномерное увлажнение корнеобитаемого слоя (значительная часть корневой системы бывает неполивной) и сильное переувлажнение почвы в бороздах.

*Полив по бассейнам* (рис. 45) рекомендуется применять при малых уклонах местности в садах и хорошей водообеспеченности. Сад разбивают земляными валиками на квадраты или прямоугольники — бассейны. Вода в бассейны поступает из борозд, заполняет их и впитывается в почву.

*Полив по параллельным бороздам* (рис. 46) обеспечивает довольно равномерное увлажнение почвы между рядами деревьев. Для садов возрастом до двух лет нарезают по одной борозде на расстоянии 0,5...0,6 м от штамба. Для садов возрастом старше двух лет устраивают больше борозд — 3...7 на расстоянии 0,8... 1 м одна от другой. Первую борозду прокладывают на расстоянии 0,8...1,2 м от стволов деревьев. Длину борозды принимают на легких почвах 50...80 м, на средних и тяжелых — 70...160 м, глубину — 15...20 см. Расход воды в одну борозду составляет 0,5...1,2 л/с.

При поливе по параллельным бороздам возможна широкая механизация работ.

*Полив по параллельным и поперечным бороздам* (рис. 47) проводят, чтобы увлажнить почву в промежутках между деревь-

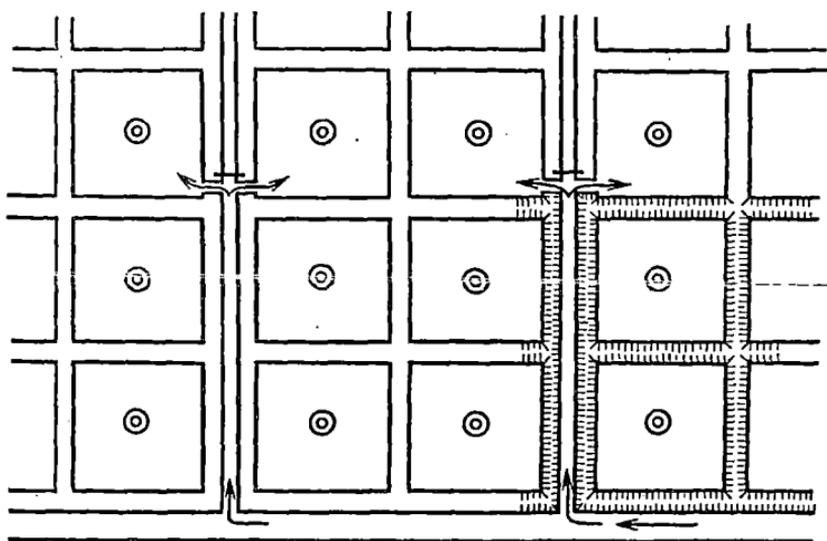


Рис. 45. Схема полива сада по бассейнам.

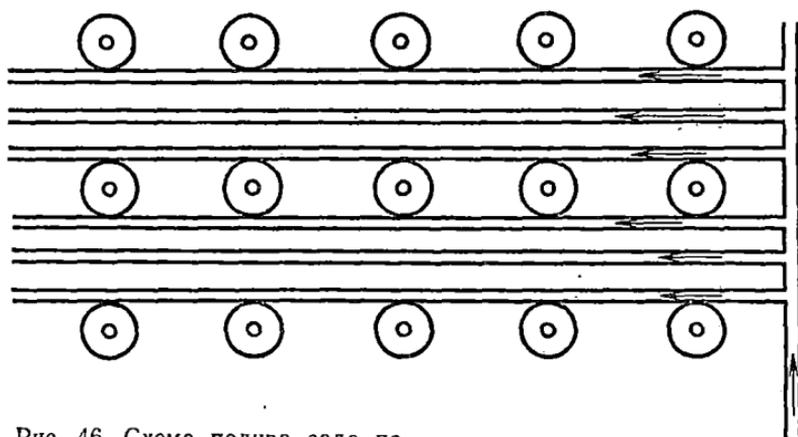


Рис. 46. Схема полива сада по параллельным бороздам.

ми. Поперечные борозды нарезают в дополнение к параллельным на расстоянии  $0,7...1$  м одна от другой. Первую борозду прокладывают на расстоянии  $0,8...1,2$  м от ствола дерева.

Иногда вместо поперечных нарезают диагональные борозды (рис. 48).

В ряде передовых хозяйств получил распространение полив сада по бороздам с подачей воды из подземного трубопровода.

При орошении виноградника следует увлажнять всю площадь междурядий, так как корневая система лозы распростра-

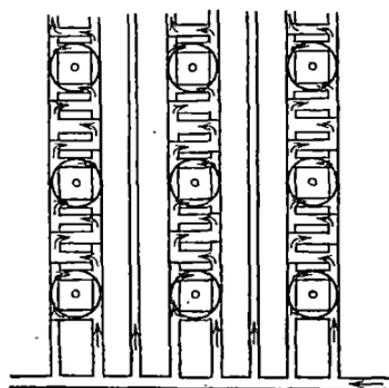


Рис. 47. Схема полива сада по параллельным и поперечным бороздам.

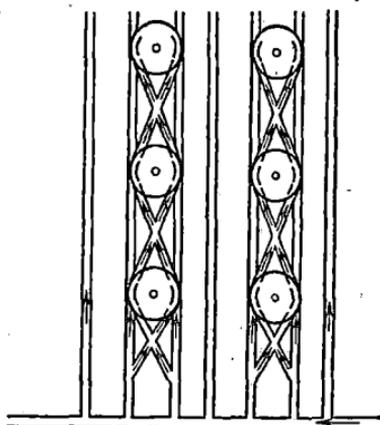


Рис. 48. Схема полива сада по параллельным и диагональным бороздам.

няется почти по всей площади междурядья. Поливные борозды прокладывают глубиной 15...20 см вдоль рядов виноградника. Расстояние между осями борозд на легких почвах принимают 50...60 см, на средних — 60...80, на тяжелых — 80...100 см. Длина борозд на легких почвах рекомендуется 50...60 м, на средних — 60...80, на тяжелых — 100...120 м. Борозды нарезают бороздоделателями на тракторной тяге.

#### § 46. Дождевание сельскохозяйственных культур

При поливе дождеванием оросительная вода специальными дождевальными устройствами разбрызгивается под напором в воздух и падает на поверхность почвы и растений в виде искусственного дождя.

Устройства для полива дождеванием подразделяют на *дождевальные машины* и *дождевальные установки*. Дождевальные машины имеют самоходные опоры и могут передвигаться по полю под действием механической, электрической энергии или энергии воды в напорных трубопроводах. Дождевальные установки не имеют самоходных опор, их перемещают по полю вручную или с помощью средств механизации.

Для образования капель дождя машины и установки оборудуют специальными дождевальными насадками и аппаратами (рис. 49...51).

Дождь, создаваемый аппаратами и насадками, бывает непрерывным и прерывистым. При непрерывном дожде площадь полива на одной позиции увлажняется непрерывно в течение

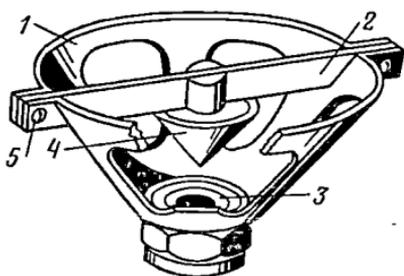


Рис. 40. Дефлекторная насадка для кругового полива:

1 — корпус; 2 — планка; 3 — отверстие; 4 — конусный дефлектор; 5 — штифт.

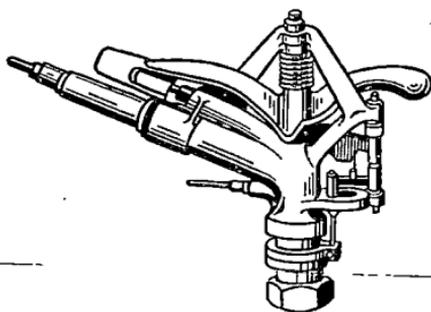


Рис. 50. Трехсопловый струйный дождевальная аппарат ДМ «Фрегат»

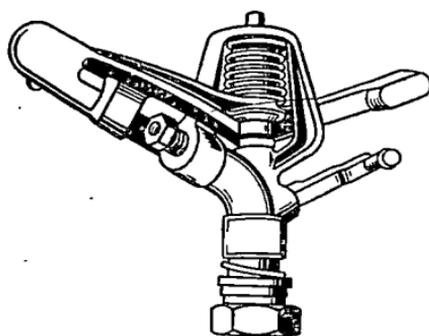


Рис. 51. Двухсопловый среднеструйный дождевальная аппарат кругового действия.

времени полива. Такой дождь обычно создают неподвижные насадки, установленные стационарно на неподвижном дождевальном крыле машины или установки. При прерывистом дожде увлажняемый контур перемещается по площади полива на одной позиции.

Такой дождь создают дождевальная аппараты, вращающиеся вокруг своей вертикальной оси, или движущиеся по полю дождевальная машины.

Дождевание по сравнению с другими способами полива обладает следующими основными преимуществами: полив механизирован, затраты ручного труда сведены к минимуму; структура почвы при соответствующем качестве дождя не нарушается; поливная норма более точно регулируется в соответствии с периодами развития растений и мелиоративным состоянием земель; увлажняется не только почва, но и растения и приземный слой воздуха, что благоприятно сказывается на физиологических процессах в растениях; нет необходимости в значительных объемах планировочных работ; возможно внесение вместе с поливной водой удобрений и ядохимикатов; высоки уровень автоматизации процесса полива и коэффициенты земельного использования площади и полезного действия оросительной сети.

Основные недостатки дождевания: необходимо большое количество механической энергии для создания требуемого

напора; большая металлоемкость дождевальной техники и ее несовершенство; зависимость качества полива от силы ветра.

## § 47. Требования к структуре и качеству дождя

Структура искусственного дождя характеризуется его интенсивностью, размером капель и равномерностью распределения по орошаемой площади.

Интенсивность дождя выражается его слоем, выпадающим на орошаемую площадь за единицу времени, и измеряется в мм/мин. В связи с различным характером выпадения искусственного дождя различают интенсивность *истинную* (в точке за короткий промежуток времени) и *среднюю* (на всей площади поливаемого участка за время полива).

На практике более удобно пользоваться средней интенсивностью дождя:

$$i_{cp} = h_{cp}/t \text{ или } i_{cp} = 60Q/F,$$

где  $h_{cp}$  — средний слой дождя, подаваемый за полив, мм;  $t$  — продолжительность полива, мин;  $Q$  — расход дождевальной машины, л/с;  $F$  — площадь полива, м<sup>2</sup>.

Интенсивность искусственного дождя не должна превышать скорость впитывания воды данной почвой в конце полива на одной позиции. Несоблюдение этого требования ведет к образованию луж и поверхностного стока, возникновению эрозии, что может вызвать ухудшение водно-физических свойств почвы, нарушить ее структуру.

Интенсивность дождя, при которой обеспечивается подача воды в почву заданной поливной нормой без образования на поверхности луж и стока воды, называют *допустимой*.

Впитывающая способность почвы зависит от многих факторов: механического состава, структуры, влажности, водопрочности почвенных агрегатов, характера обработки, состояния растительности и др. Поэтому и значения допустимой интенсивности дождя колеблются в довольно широких пределах (0,1... 1 мм/мин). В тех случаях, когда интенсивность дождя, создаваемого имеющимися в хозяйстве дождевальными машинами, превышает допустимую, впитывающую способность почв повышают агротехническими (рыхление перед поливом и после него и др.) и агромелиоративными (устройство микроклиматов, лунок, щелей и др.) мероприятиями.

На впитывающую способность почвы влияют также размеры капель дождя. Крупные капли разрушают комковатую структуру верхнего почвенного слоя и снижают его впитывающую способность. С уменьшением размеров капель допустимая поливная

норма увеличивается. По данным А. Н. Костякова, размеры капель не должны превышать 1...2 мм.

Равномерность увлажнения почвы зависит от скорости ветра и типа дождевальных машин. Допустимая скорость ветра для дальнеструйных машин составляет 2...3 м/с, среднеструйных — 4...5, короткоструйных — 5...6 м/с. Чтобы снизить воздействие ветра, с полива по кругу переходят на полив по сектору, расположенному в направлении действия ветра, с очередностью смены позиций в противоположном ветру направлении. Это обеспечивает передвижение дождевальных машин по сухой почве. Уменьшают также расстояния между смежными позициями поперек действия ветра, так как сильный ветер вызывает сужение площади полива в направлении, перпендикулярном его действию.

## § 48. Классификация дождевальных устройств

В зависимости от конструкции и технических особенностей дождевальных аппаратов различают три типа дождевальных устройств: короткоструйные, среднеструйные и дальнеструйные.

По способу перемещения и создаваемому напору их подразделяют на дождевальные агрегаты, машины и установки.

Дождевальные агрегаты состоят из самоходной опоры и насосного агрегата, смонтированного в комплексе с дождевальным устройством.

Дождевальные машины состоят из самоходных опор, на которых смонтированы дождевальные устройства. Напор для них создает насосная станция.

Дождевальные установки не имеют самоходных опор. Вода к дождевальным устройствам подается по напорной оросительной сети насосными станциями.

По создаваемому напору дождевальные устройства могут быть низконапорными (до 30 м), средненапорными (30...50 м) и высоконапорными (50...60 м).

## § 49. Короткоструйные дождевальные машины

К короткоструйным относятся дождевальные агрегаты ДДА-100М, ДДА-100МА и дождевальная машина «Кубань».

Дождевальные агрегаты ДДА-100М и ДДА-100МА (рис. 52) предназначены для орошения овощных, кормовых, зерновых и технических культур и трав на участках с уклоном не более 0,003, могут быть использованы и для внесения удобрений (с поливной водой). Они смонтированы на тракторах ДТ-75М и ДТ-54А. Расход воды, подаваемой на поля ДДА-100МА, составляет 130 л/с, а ДДА-100М — 100 л/с. Вода из постоянных или

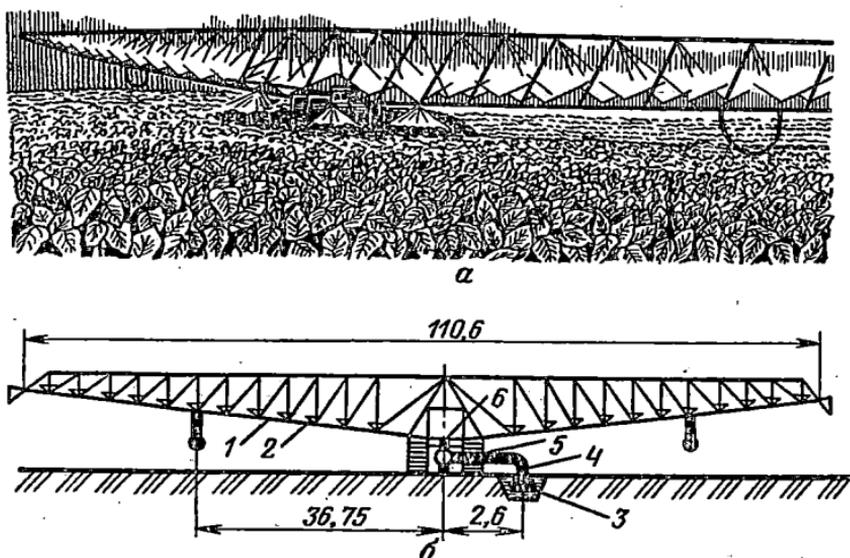


Рис. 52. Дождевальный агрегат ДДА-100МА:

*a* — в работе; *б* — схема; 1 — ферма; 2 — короткоструйная дефлекторная насадка; 3 — всасывающий клапан; 4 — всасывающая линия; 5 — консольный центробежный насос; 6 — напорный патрубок. Размеры в м.

временных оросителей или лотков забирается и подается под напором 26,5 м (ДДА-100М) и 37 м (ДДА-100МА) с помощью центробежного насоса 8К-12, приводимого в действие через редуктор от вала отбора мощности трактора.

Постоянные или временные оросители прокладывают на расстоянии 120 м (ширина захвата агрегатов) один от другого. Длину земляного канала принимают в пределах 400...800 м, а уклон — 0,005...0,004. Оросители делают глубиной около 1 м, шириной по дну 0,5...0,6 м. Глубина воды в них должна быть не менее 0,4 м. Чтобы обеспечить такую глубину, оросительные каналы переносными перемычками разбивают на бьефы. Дождевальные агрегаты последовательно переходят от одного бьефа к другому.

При уклонах каналов 0,003...0,004 длину бьефа принимают 150...200 м, при меньших уклонах — до 500 м, при больших — вычисляют по следующей формуле (рис. 53):

$$l = (h - h_{\min} - h_{\text{зан}}) / i,$$

где  $h$  — полная (строительная) глубина оросителя, м;  $h_{\min}$  — минимально допустимая глубина воды в оросителе (по условиям нормальной работы всасывающего клапана машины),  $h_{\min} = 0,3...0,4$  м;  $h_{\text{зан}}$  — минимально допустимое превышение бровки оросителя над уровнем воды в нем,  $h_{\text{зан}} = 0,1...0,15$  м;  $i$  — уклон оросителя.

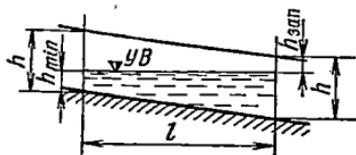


Рис. 53. Схема к определению длины бьефа в оросительном канале при поливе ДДА-100МА.

Вода в оросители поступает из распределительных каналов, лотков или трубопроводов. В местах забора воды в оросители устраивают водовыпуски.

Схема оросительной сети для ДДА-100МА приведена на рисунке 54.

Средняя интенсивность дождя зависит от скорости движения агрегата и при длине бьефа 100...500 м равна 0,12...0,7 мм/мин. Действительная интенсивность дождя при стационарной работе дождевальных агрегатов составляет 4...5,2 мм/мин.

Производительность ДДА-100МА при поливной норме 300 м<sup>3</sup>/га и коэффициенте использования рабочего времени  $\eta=0,8$  за час чистой работы достигает 1,6 га, за смену — 7 га, за сезон — 150 га, ДДА-100М — соответственно 1,6; 6; 120 га. Средний коэффициент использования рабочего времени для обоих агрегатов 0,7...0,8. Их обслуживают один-два человека.

Скорость ДДА-100МА при движении вперед можно изменять от 205 до 1040 м/ч. Средний слой дождя за один проход при поливной норме 70...200 м<sup>3</sup>/га составляет соответственно 7...20 мм.

Дождевальная машина «Кубань» предназначена для полива различных сельскохозяйственных культур, включая и высокосте-

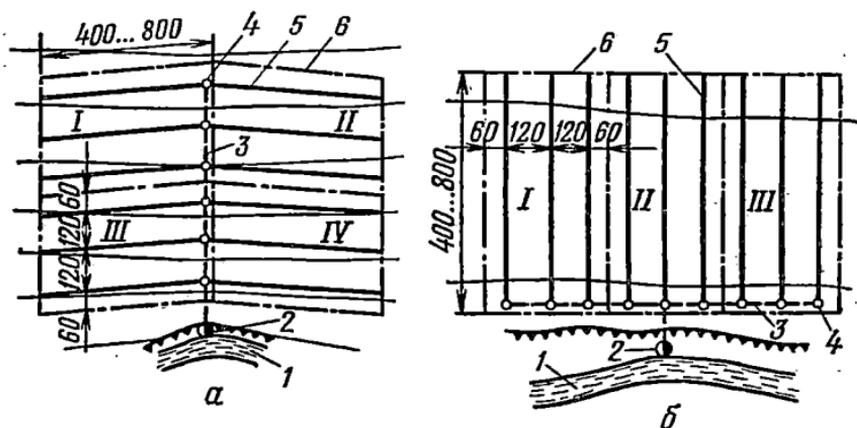


Рис. 54. Схема оросительной сети для ДДА-100МА:

а — средний уклон участка более 0,003; б — средний уклон участка менее 0,003; 1 — водосточник; 2 — насосная станция; 3 — закрытый трубопровод; 4 — гидрант; 5 — ороситель; 6 — граница поля; I—IV — номера полей севооборота. Размеры в м.

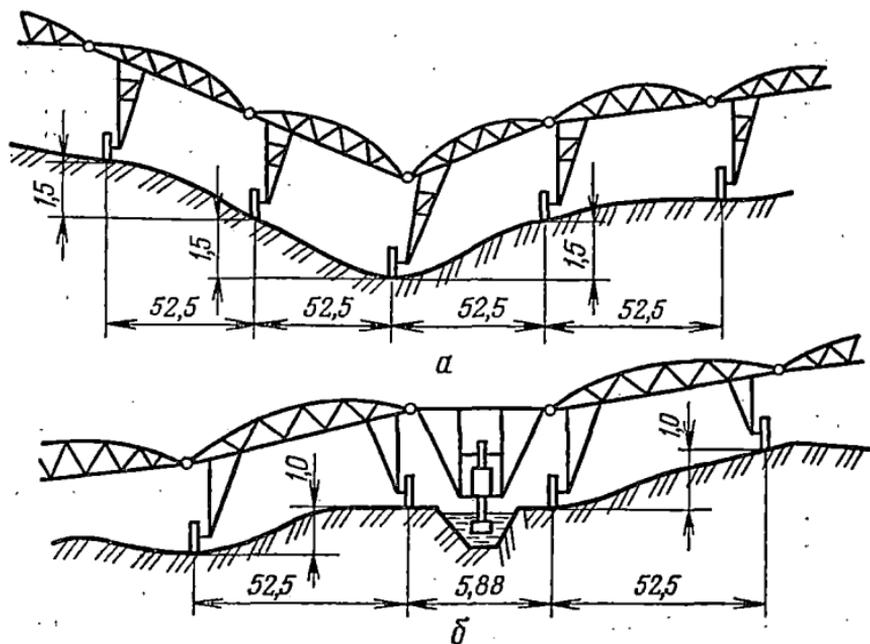


Рис. 55. Схема дождевальной машины «Кубань»:

*a* — уклон между тремя соседними тележками до 0,03; *б* — уклон в центральной части машины между двумя пролетами (жесткими) на длине 112 м до 0,02. Размеры в м.

белые. Она состоит из двух крыльев (рис. 55). Каждое крыло собрано из семи шарнирно соединенных между собой пространственных ферм длиной по 52,5 м, опирающихся на опорные тележки с пневматическими колесами, и концевой консольной фермы и снабжено водопроводящим трубопроводом. В центральной части машины находятся дизель-насосный агрегат с генератором для питания электродвигателей опорных тележек, всасывающий трубопровод, щиты управления и другое оборудование.

Дождевальная машина «Кубань» снабжена автоматическими системами: управления и защиты (обеспечивает выбор направления движения, пуск и остановку), задания средней скорости хода при требуемой поливной норме, синхронизации движения в линию, стабилизации движения, аварийной остановки. Кроме того, машину можно остановить с любой опорной тележки вручную. Полив можно проводить круглосуточно.

Оросительные каналы для ДМ «Кубань» выполняют с уклоном не более 0,0001 и облицовывают сборными железобетонными плитами или монолитным железобетоном. При больших уклонах орошаемого массива для обеспечения необходимой глубины воды каналы разбивают перемычками на бьефы.

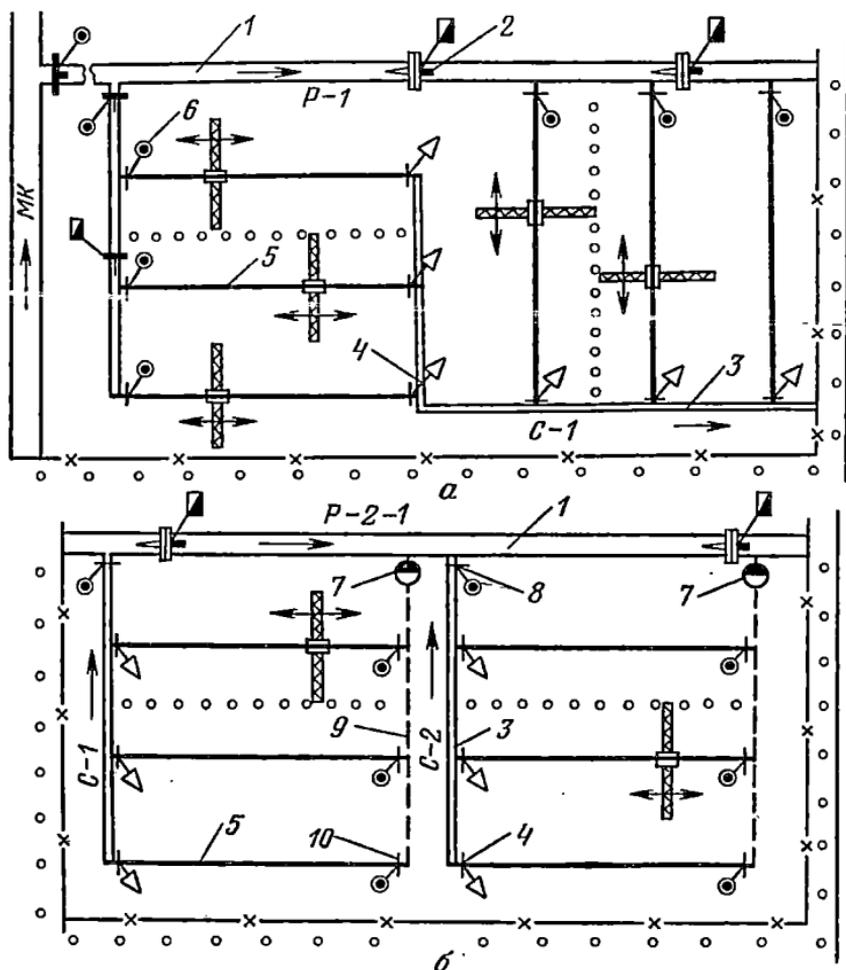


Рис. 56. Схемы оросительных систем для ДМ «Кубань»:

*a* — самоочной; *б* — с механической подачей воды; 1, 3 — распределительный и сбросной каналы; 2, 4 — перегородивающие и сбросное сооружеия; 5 — оросители; 6, 8, 10 — водовыпуски; 7 — насосная станция подкачки; 9 — низконапорный трубопровод.

Максимально допустимый уклон поля вдоль дождевальной машины 0,02, местный уклон между двумя тележками не должен превышать 0,03.

Расход воды, забираемый ДМ «Кубань», составляет 170...185 л/с, а слой дождя, выдаваемый за один проход, — 6...60 мм. Минимальная скорость движения машины 0,2, максимальная — 2 м/мин. Производительность за час чистой работы при поливной норме 600 м<sup>3</sup>/га достигает 1,12 га. Сезонная нагрузка на одну машину колеблется в пределах 170...200 га, в зависимости от зоны орошения. Требуемая поливная норма выдается за два прохода

или более, в зависимости от принятой технологии полива.

Схемы оросительной сети для ДМ «Кубань» приведены на рисунке 56. Наиболее рационально полив начинать с середины орошаемого поля. В таком случае машина движется сначала к одному краю поля, затем к другому и возвращается на исходную позицию.

## § 50. Среднеструйные дождевальные машины и установки

К среднеструйным относятся дождевальные колесные трубопроводы «Волжанка» и «Ока», дождевальные машины «Фрегат», «Днепр», дождевальный шлейф ДШ-25/300, комплекты дождевального оборудования «Сигма» и ирригационного «Радуга».

Дождевальное устройство ДКШ-64 «Волжанка» (рис. 57) состоит из двух водопроводящих трубопроводов (крыльев) диаметром 130 мм и длиной по 395,6 м, монтируемых из отдельных звеньев труб длиной по 12,6 м. На каждом трубопроводе жестко закреплены 34 металлических колеса диаметром 191 см и через 12,6 м установлены 32 среднеструйных дождевальных аппарата кругового действия с диаметром сопла 8 мм. Расход воды каждого дождевального аппарата 0,9...1 л/с при напоре у гидранта 30...40 м. Перемещается ДКШ-64 «Волжанка» с помощью двигателей внутреннего сгорания, смонтированных на приводных

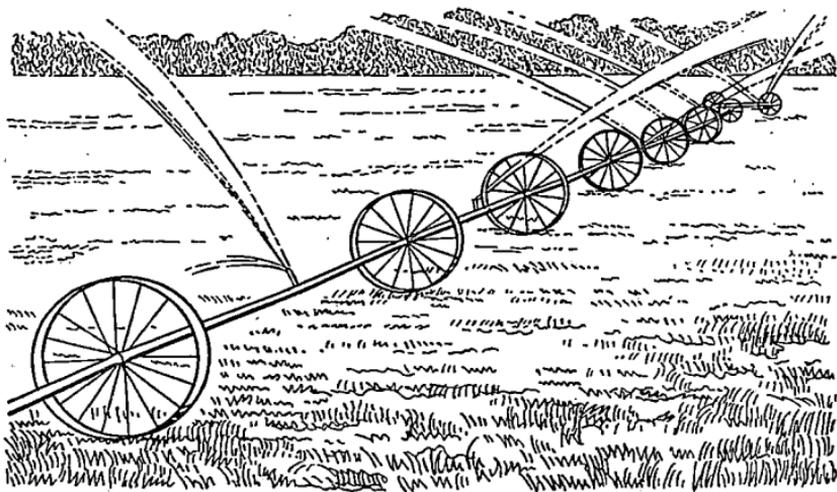


Рис. 57. Дождевальная машина «Волжанка».

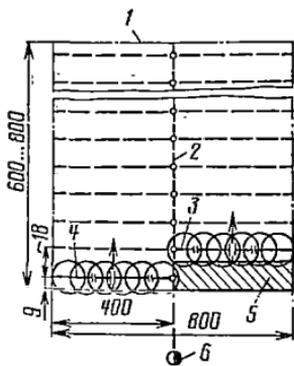


Рис. 58. Схема работы ДКШ-64 «Волжанка»:

1 — границы орошаемого участка; 2 — оросительный трубопровод; 3, 4 — дождевальные крылья; 5 — политая площадь; 6 — насосная станция. Размеры в м.

тележках в центре каждого крыла. Крылья соединяются гибкими шлангами с гидрантами оросительной сети. Расстояние между гидрантами должно составлять 18,3 м.

Длину ДКШ-64 «Волжанка» и расходы воды можно изменять в зависимости от числа подключаемых секций труб. Расстояние между оросителями, из которых забирается на полив вода, можно принимать 300...800 м.

Полив проводят позиционно (рис. 58), с каждой позиции поливается площадь 1,46 га (при работе обоих крыльев). Расход воды при этом составляет 64 л/с, а средняя интенсивность дождя — 0,25...0,3 мм/мин.

Дождевальным трубопроводом ДКШ-64 «Волжанка» можно поливать низкостебельные зерновые, некоторые виды овощных культур, многолетние травы.

Дождевальная машина «Фрегат» (рис. 59) представляет собой движущийся по кругу водопроводящий трубопровод переменного диаметра (178 и 152 мм), установленный на А-образных опорах-тележках. Трубопровод оснащен среднеструйными дождевальными аппаратами кругового действия. Вода в него посту-

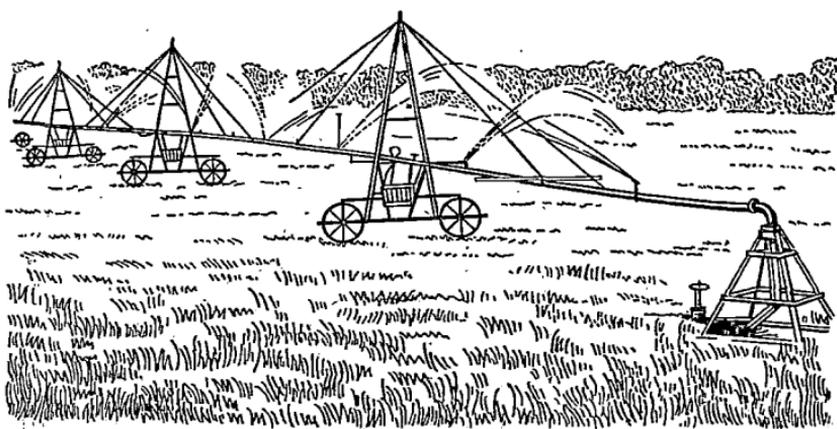
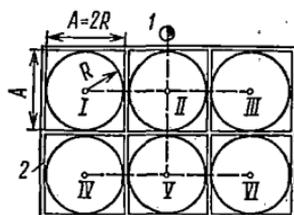


Рис. 59. Дождевальная машина «Фрегат».

Рис. 60. Схема оросительной сети для ДМ «Фрегат»:

1 — насосная станция; 2 — дорога и лесополоса; I—VI — номера полей севооборота.



пает под напором (46...66 м) из гидрантов закрытой оросительной сети (рис. 60). Под действием этого напора специальный механизм приводит в движение опорные тележки. В зависимости от выпускаемой модификации ДМ «Фрегат» (ДМУ-А и ДМУ-Б) число опорных тележек составляет 7...20, длина трубопровода — 199...572 м, забираемый расход воды — 20...90 л/с, средняя интенсивность дождя — 0,17...0,31 мм/мин, площадь, поливаемая с одной позиции, — 16...111 га. Поливную норму (100...1200 м<sup>3</sup>/га и более) регулируют изменением времени полного оборота.

Водопроводящий трубопровод установлен на высоте 2,2 м. Поэтому ДМ «Фрегат» может поливать высокостебельные культуры.

Общий уклон поля для этой машины не должен превышать 0,08, местный уклон (между опорными тележками) — 0,22. Модель ДМУ-А имеет гибкие вставки на трубопроводе, поэтому ее можно использовать и при более сложном микрорельефе.

Для выдерживания общей линии водопроводящего трубопровода в заданных пределах все тележки ДМ «Фрегат», кроме последней, оснащены автоматической системой регулирования скорости движения. Машина также снабжена механической и электрической системами защиты, которые автоматически останавливают ее при изгибе трубопровода.

Дождевальная машина ДФ-120 «Днепр» (рис. 61) — фронт-

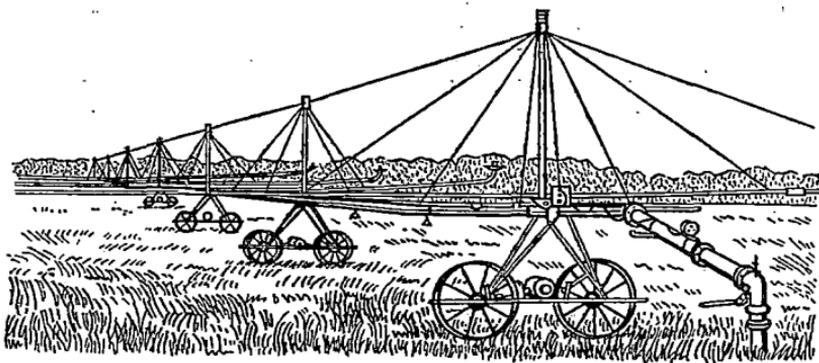


Рис. 61. Дождевальная машина «Днепр».

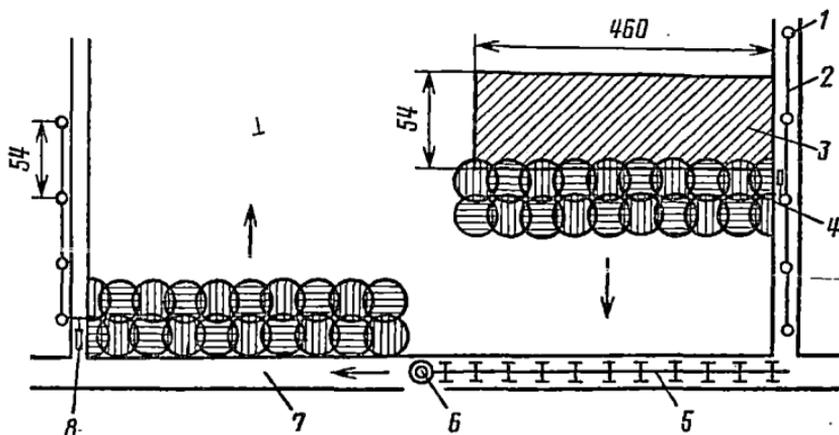


Рис. 62. Схема работы ДФ-120 «Днепр»:

1 — гидрант; 2 — оросительный трубопровод; 3 — поливаемая площадь с одной позиции (460×54 м); 4, 5 — ДМ «Днепр» во время полива и при переходе на другой участок; 6 — трактор; 7 — полевая дорога; 8 — электростанция, навешенная на трактор. Размеры в м.

тального действия, состоит из водопроводящего трубопровода длиной 448 м, установленного на 17 опорных тележках на высоте 2,1 м от поверхности земли. Вода в него поступает из гидрантов закрытой оросительной сети. Расстояние между оросителями 920 м, между гидрантами 54 м. Напор воды у гидранта 45 м, расход подаваемой воды 120 л/с.

Опорные тележки имеют электрический привод и находятся на расстоянии 27 м одна от другой. В местах их расположения на трубопроводе установлены фермы-открылки длиной 13,5 м, на концах которых размещены дождевальные аппараты «Ро-са-3».

Полив проводится позиционно (рис. 62). С одной позиции поливается площадь 2,5 га (460×54 м). Средняя интенсивность дождя 0,29 мм/мин. Производительность за час чистой работы при поливной норме 300 м<sup>3</sup>/га 1,46 га. Обслуживающий персонал один человек на две машины.

С позиции на позицию ДМ «Днепр» перемещается со скоростью 0,47 км/ч. Машина оборудована механизмом управления с системой сигнализации и синхронизации движения тележек. По сравнению с ДМ «Фрегат» она быстрее переоборудуется из рабочего положения в транспортное.

Дождевальной машиной ДФ-120 «Днепр» можно поливать зерновые, овощные, технические, ягодные культуры, многолетние травы и др.

Комплекты дождевального оборудования «Сигма» Z-50Д (ЧССР) и ирригационного «Радуга» КИ-50 (СССР) представ-

ляют собой серию постоянных распределительных трубопроводов и крыльев, снабженных среднеструйными аппаратами ПУК-2 и «Роса-3». Число распределительных трубопроводов 2, дождевальных крыльев 4. Диаметр алюминиевого распределительного трубопровода 120 и 125 мм, подводящего — 150 мм. Расход воды дождевального оборудования «Сигма» 39,2 л/с, «Радуга» — 47,2 л/с. Диаметры основного аппарата 12, 14, 16 и 18 мм, малого — 6,7 мм. Средняя интенсивность дождя 0,12...0,28 мм/мин. Длина двух распределительных трубопроводов по 270 м, длина четырех крыльев по 144 м. Радиус действия 18 м. Производительность за час чистой работы при поливной норме 300 м<sup>3</sup>/га 0,47 га, за смену — 4 га. Площадь, орошаемая одним комплектом за сезон, 50 га. Обслуживающий персонал два-три человека.

Комплекты оборудования «Сигма» Z-50Д и «Радуга» КИ-50 предназначены для полива овощных, кормовых, технических культур, плодово-ягодных насаждений, лугов.

Дождевальная шлейф ДШ-25/300 (рис. 63) состоит из стального трубопровода диаметром 102 мм и длиной 150 м и трех карусельных дождевателей «Тимирязевец». Один конец трубопровода трубчатым шарнирным хоботом присоединен к гидранту напорной сети, на другом конце такой же хобот перекрыт заглушкой. Вода поступает в трубопровод из гидрантов, расположенных на трубчатых оросителях. Расстояния между гидрантами 60 м, между трубчатыми оросителями 300 м. Рабочий напор на гидранте 50 м.

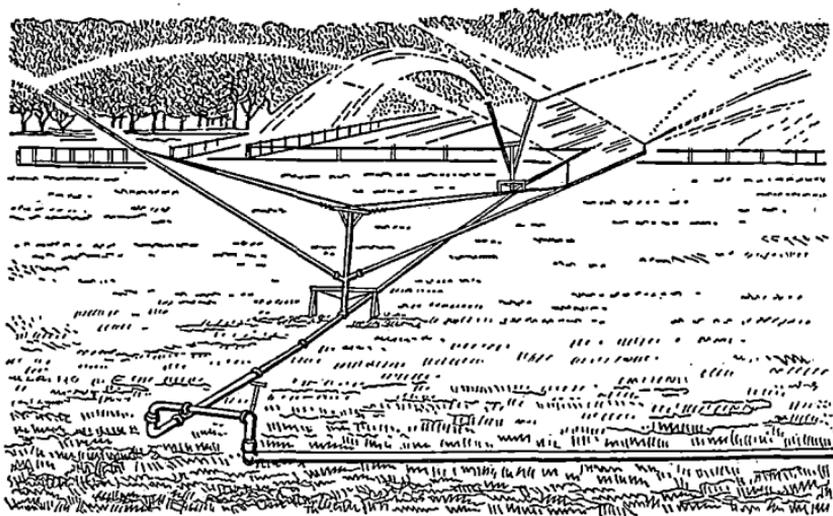


Рис. 63. Дождевальная шлейф ДШ-25/300.

Карусельные дождеватели «Гимирязевец» имеют два ствола, на конце одного из которых установлена дождевальная насадка с конусным дефлектором, на конце другого — струйное сопло, отклоняющееся от оси ствола. При выбросе струи воды создается реактивное усилие, достаточное для вращения карусели.

Полив проводится позиционно. С одной позиции орошается площадь 0,9 га (150 × 60 м). Расход воды составляет 25 л/с, средняя интенсивность дождя — 0,17 мм/мин. С позиции на позицию шлейф перемещает трактор. Один тракторист и один поливальщик обслуживают 5...10 шлейфов.

Дождевальный шлейф ДШ-25/300 предназначен для полива пастбищ, лугов, плодовых насаждений.

Колесный трубопровод «Ока» присоединяют к гидранту напорной оросительной сети. На водопроводящем трубопроводе установлены среднеструйные аппараты «Роса-3» с расходом 5 л/с, работающие группами. Транспортирование машины на новую позицию осуществляют с торца трубопровода. Привод ведущей тележки гидравлический, от энергии оросительной воды. Напор у гидранта 50 м, расход машины 80 л/с. Расстояние между гидрантами 36 м, а между оросительными трубопроводами 800 м. Площадь полива с одной позиции 2,88 га. Интенсивность дождя 0,18 мм/мин. Один оператор обслуживает две-три машины.

## § 51. Дальнеструйные дождевальные машины

К дальнеструйным относятся дождевальные машины ДДН-70 и ДДН-100 (рис. 64). Их конструкции и принцип работы аналогичны. Все оборудование смонтировано на специальной раме, навешиваемой на трактор. Привод насоса и вращение дождевального аппарата осуществляется через редуктор от вала отбора мощности трактора.

Полив проводится позиционно по кругу или сектору. Дождевальный аппарат вращается вокруг вертикальной оси, совершая один оборот за 4...5 мин. Вода забирается из открытых каналов или гидрантов закрытой оросительной сети.

Размер поля в направлении, поперечном оросителям, должен быть кратен расстоянию между ними (100...120 м). Крайние оросители нарезают от границ поля на расстоянии, равном половине расстояния между оросителями. Максимально допустимые расстояния между позициями дождевальных машин на оросителе и между оросителями зависят от схемы размещения стоянок на позициях. Длину оросителей принимают 500...1000 м, уклон  $i \leq 0,002$ .

Схемы полива ДДН-70 и ДДН-100 приведены на рисунке 65.

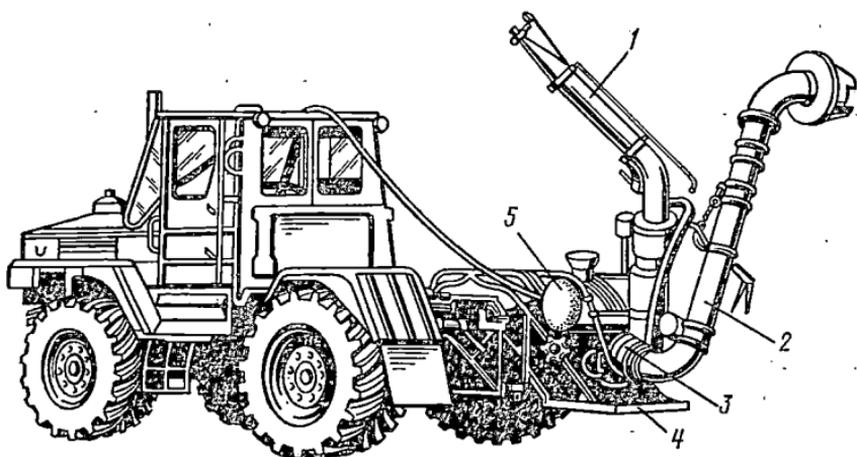


Рис. 64. Дождевальная машина ДДН-100:

1 — ствол дальнеструйного дождевального аппарата; 2 — всасывающий трубопровод; 3 — насос-редуктор; 4 — рама; 5 — приспособление для внесения удобрений.

Основные показатели работы машин зависят от марки используемого трактора.

Площадь полива за сезон для ДДН-70 составляет 60...70 га, ДДН-100—90...100 га.

Достоинства дальнеструйных дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100 — компактность, высокая маневренность, малая металлоемкость. Их используют для полива овощных, кормовых, технических культур, садов, лесопитомников, лугов.

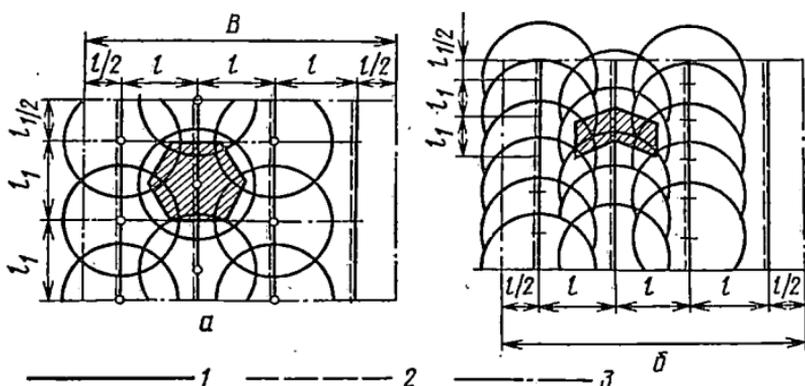


Рис. 65. Схемы полива дальнеструйными машинами ДДН-70 и ДДН-100: а — по кругу; б — по сектору; 1 — ороситель (временный ороситель или трубопровод); 2 — временная полевая дорога; 3 — граница поля;  $l$  — расстояние между оросителями;  $l_1$  — расстояние между позициями дождевальных машин. Заштрихована площадь полива с одной позиции с учетом перекрытия дождем.

## § 52. Оросительная сеть при дождевании

Оросительная сеть при дождевании может быть открытой, закрытой и комбинированной. Открытую сеть выполняют в виде постоянных и временных каналов или лотков, закрытую — в виде трубопроводов (стальных, чугунных, железобетонных, асбестоцементных, пластмассовых). Комбинированная сеть сочетает открытые проводящие каналы и распределительную трубчатую сеть, воду в которую подают насосные станции.

Трубчатая сеть включает трубопроводы: магистральный (или главный), проводящий воду от водозабора до орошаемой площади; распределительные различных порядков; поливные с гидрантами. Она может быть стационарной, передвижной и полустационарной. Наиболее совершенна стационарная сеть, позволяющая создавать автоматизированные оросительные системы с использованием высокопроизводительной дождевальной техники. Передвижную сеть выполняют из быстроразборных трубопроводов, укладываемых по поверхности поля, что требует больших затрат ручного труда. Полустационарная сеть сочетает стационарные (обычно магистральные и распределительные) и разборные поливные трубопроводы.

По сравнению с открытой трубчатая сеть имеет следующие преимущества: высокий КПД, так как потери воды из нее незначительны; высокий КЗИ орошаемой площади; отсутствие помех для механизации полевых работ; возможность применения при сложном рельефе местности. Основные ее недостатки — потребность в большом количестве труб и значительные капитальные и эксплуатационные затраты.

Схема оросительной сети на полях должна быть увязана с технологическими схемами работы конкретных дождевальных машин конфигурацией орошаемых участков, рельефом и др. Оросительная сеть должна обеспечивать подачу воды к дождевальным машинам в соответствии с графиком поливов.

Диаметры трубчатой оросительной сети, напоры, необходимые для подачи требуемых расходов воды, определяют гидравлическими расчетами. При этом расчетные расходы воды должны быть согласованы с расходами дождевальных машин.

Расчетный расход находят в зависимости от числа одновременно работающих дождевальных машин:

$$Q_{\text{расч}} = n Q_m / \eta,$$

где  $n$  — число одновременно работающих машин;  $Q_m$  — расход одной машины, л/с;  $\eta$  — КПД сети.

Задавая оптимальную скорость движения воды в трубопроводе, по расчетному расходу находят требуемые диаметры труб (м):

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{4Q_{\text{расч}}/(\pi v)} = 1,13\sqrt{Q_{\text{расч}}/v},$$

где  $v$  — оптимальная скорость движения воды в трубопроводе, равна 0,8...1,5 м/с для асбоцементных труб и 1,5...3 м/с для металлических.

Полученное значение округляют до ближайшего стандартного диаметра выпускаемых труб.

Необходимый напор (м) в начале трубопровода:

$$H = H_r + H_{\text{св}} + \sum h_l + \sum h_w,$$

где  $H_r$  — геодезическая высота подъема, м;  $H_{\text{св}}$  — необходимый сводный напор на гидранте, м;  $\sum h_l$  — потери напора по длине трубопровода, м;  $\sum h_w$  — потери напора на преодоление местных сопротивлений, м.

Необходимый напор вычисляют для двух точек — самой высокой и самой удаленной.

Потери напора (м) по длине трубопровода находят по специальным таблицам и определяют по формуле

$$\sum h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

где  $\lambda$  — коэффициент гидравлического трения, зависящий от материала труб, приблизительно можно принять равным 0,02 для асбестоцементных и 0,025 для металлических;  $l$  — длина трубопровода, м;  $d$  — диаметр трубопровода, м.

Местные потери напора (м):

$$\sum h_w = \xi v^2 / 2g,$$

где  $\xi$  — коэффициент сопротивления, находят по справочникам для каждого местного сопротивления (задвижки, колена и др.).

Для напорных трубопроводов местные потери напора обычно принимают равными 5...10 % потерь напора по длине.

По расчетному расходу и напору выбирают насосно-силовое оборудование (марки насоса и электродвигателя).

Мощность электродвигателя (кВт):

$$N = \gamma Q H / (102 \eta_n),$$

где  $\gamma$  — плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $Q$  — расход насоса, м<sup>3</sup>/с;  $H$  — полный напор насоса, м;  $\eta_n$  — КПД насоса.

## § 53. Расчет полива дождеванием

Для дождевальных машин и установок, поливающих позиционно, определяют продолжительность полива (мин) на одной позиции:

$$t_{\text{поз}} = 0,1 m / (i\beta) \quad \text{или} \quad t_{\text{поз}} = 16,7 m w / (Q\beta),$$

где  $m$  — поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $i$  — интенсивность дождя машины, мм/мин;  $\beta$  — коэффициент, учитывающий потери воды на испарение, равен для полупустынной и сухостепной зон 0,7...0,8, для степной и лесостепной — 0,85...0,9, для лесной — 0,95;  $w$  — площадь полива с одной позиции, га;  $Q$  — расход дождевальной машины, л/с.

Для дождевальных машин, поливающих при фронтальном перемещении, находят средний слой дождя за один проход машины  $h_{пр}$  (мм) и число проходов  $n$ , необходимое для выдачи требуемой поливной нормы:

$$h_{пр} = 60Q/(bv); \quad n = 0,1m/h_{пр},$$

где  $b$  — ширина захвата дождем, м;  $v$  — скорость движения машины, м/мин;  $m$  — поливная норма, м<sup>3</sup>/га.

Для дождевальных машин «Фрегат» вычисляют время (сут) полного оборота машины, за которое выдается требуемая поливная норма (при круглосуточной работе):

$$t_{об} = m\omega/(86,4QK_{сут}\beta),$$

где  $\omega$  — площадь полива одного круга, га;  $K_{сут}$  — коэффициент использования времени суток, равен 0,83...0,87 при работе на одной позиции и 0,74...0,81 при работе на двух позициях.

Сменная и суточная производительность дождевальных машин, то есть возможная площадь (га) полива за смену и сутки

$$F_{см} = 3,6Qt_{см}K_{см}\beta/m \quad \text{и} \quad F_{сут} = 3,6Qt_{сут}K_{сут}\beta/m,$$

где  $t_{см}$ ,  $t_{сут}$  — продолжительность полива в смену и в сутки, ч;  $K_{см}$  и  $K_{сут}$  — коэффициенты использования времени смены и суток. Значения  $K_{см}$  для ДМ «Фрегат» равны 0,87...0,91; ДМ «Волжанка» — 0,67...0,79; ДМ «Днепр» — 0,64...0,74; ДДН-70 — 0,66...0,8 при поливе по кругу и 0,61...0,73 при поливе по сектору, ДДН-100 — соответственно 0,73...0,81 и 0,74...0,8; ДДА-100МА — 0,58...0,76. Значения  $K_{сут}$  для ДМ «Волжанка» равны 0,63...0,74; ДМ «Днепр» — 0,6...0,7; ДДН-70 — 0,63...0,72 при поливе по кругу и 0,51...0,65 при поливе по сектору, ДДН-100 — соответственно 0,65...0,72 и 0,65...0,7; ДДА-100МА — 0,52...0,68.

Сезонная производительность дождевальных агрегатов ДДА-100М составляет 100...120 га, ДДА-100МА — 120...150 га, дождевальных машин «Кубань» — 170...200 га, «Волжанка» — 70...80 га, «Днепр» — 110...120 га, ДДН-70 — 60...70 га, ДДН-100 — 90...100 га.

Для дождевальных машин «Фрегат» с числом опорных тележек 16 и менее допускается работа на двух позициях. Машины большей длины работают на одной позиции. Поэтому производительность за сезон вычисляют с учетом числа обслуживаемых позиций.

## § 54. Импульсное и мелкодисперсное дождевание

*Импульсное дождевание* заключается в накоплении определенного объема воды в гидропневмоаккумуляторе специального дождевального аппарата (пауза) и выбросе ее в воздух в виде дождя под действием сжатого воздуха (выплеск). Продолжительность паузы 30...180 с, выплеска — 1...4 с. Расход воды, подводимый к одному аппарату, равен 0,04...0,3 л/с, интенсивность дождя — 0,01...0,002 мм/мин.

Импульсное дождевание осуществляют с помощью комплекта КСИД-10 (рис. 66). Такой комплект обслуживает площадь 10 га, при этом водоподача составляет 90 м<sup>3</sup>/сут, а удельная протяженность труб достигает 246 м/га. Импульсные дождеватели работают одновременно на всей орошаемой площади по сигналам понижения давления в закрытой оросительной сети.

Основные достоинства импульсного дождевания: непрерывное снабжение растений водой в соответствии с их водопотреблением; поддержание оптимальной влажности почвы и приземного слоя воздуха; рассредоточение поливного тока воды, что позволяет использовать трубы малых диаметров и добиться минимальной интенсивности дождя; высокая степень автоматизации полива и надежность оборудования.

Импульсное дождевание целесообразно применять на чайных плантациях, в садах, ягодниках, на овощных участках.

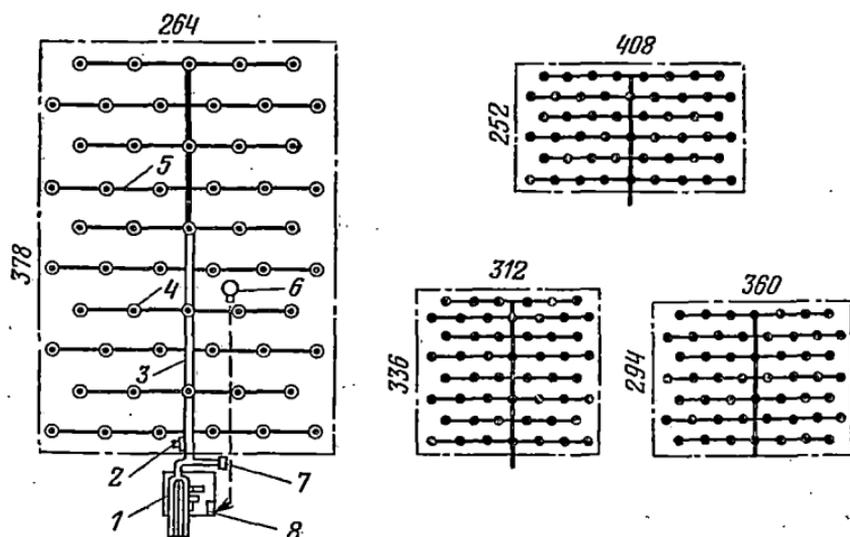


Рис. 66. Схемы систем синхронного импульсного дождевания:  
1 — насосная станция; 2 — гидродокормщик; 3, 5 — трубопроводная сеть; 4 — аппараты импульсного дождевания; 6 — датчик; 7 — генератор командных сигналов; 8 — пульт управления. Размеры в м.

*Мелкодисперсное (аэрозольное) дождевание* осуществляют с помощью специальных установок, разбивающих поток воды на мельчайшие капельки и увлажняющих приземный слой воздуха и наземную часть растений. Необходимо такое дождевание в жаркие сухие дни, при высоких температурах воздуха (30...35 °С) для поддержания процесса фотосинтеза в растениях. Норма увлажнения зависит от состояния и фазы развития растений, погодных условий и составляет обычно 0,2...0,6 м<sup>3</sup>/га в час, или 3...5 м<sup>3</sup>/га в сутки.

## § 55. Приземное и подкрановое дождевание

*Приземное дождевание* (технология разработана ВолжНИИГиМ) заключается в разбрызгивании воды на высоте 1 м от поверхности почвы. Применяют его в засушливых зонах нашей страны с сильными ветрами и низкой относительной влажностью воздуха, там, где при традиционных технологиях дождевания наблюдаются значительные потери воды на испарение (30...35 %).

Выполняют приземное дождевание дождевальными агрегатами ДДА-100М и ДДА-100МА, оборудованными следующим образом (рис. 67). В нижней части шланговых водовыпусков сделаны отверстия, через которые и разбрызгивается вода.

Полив можно проводить без существенных потерь воды при скорости ветра до 12 м/с.

Производительность этих дождевальных агрегатов при приземном дождевании повышается на 32...35 %.

*Подкрановое дождевание* (или мелкоструйное орошение) применяют при выращивании плодовых культур. Малая кинетическая энергия дождевых капель исключает эрозию и заиливание почвы. При поливе смачивается только листовая поверхность деревьев, что снижает распространение грибковых заболеваний, и не смываются средства их защиты; потери воды на испарение сведены к минимуму.

Подкрановое дождевание выполняют малорасходными (16...300 л/ч) дождевальными микронасадками: двухструйным распылителем соударяющихся струй конструкции Агрофизического научно-исследовательского института, пневматическим распылителем ОП-1, дефлекторными центробежно-винтовыми и капельными микроводовыпусками и др. Микронасадки работают под давлением 0,1...0,4 МПа и дают мелкое распыление дождя.

Системы подкранового дождевания могут быть стационарными и полустационарными. Стационарная система состоит из водозаборного узла, регулятора давления, дистанционно управляемых клапанов, гидродокормщика, фильтра, распределительной (из асбестоцементных труб, уложенных на глубине 0,8...1 м)



механизация процессов сельскохозяйственных работ и высокий коэффициент полезного использования орошаемой территории;

сохранение структуры верхних слоев почвы и поддержание их в рыхлом состоянии;

возможность загущения посевов с учетом оптимальной площади питания и направления рядков растений исходя из оптимального светового режима, а следовательно, из максимального использования солнечной энергии;

снижение поливных норм и более продуктивное использование поливной воды;

возможность двустороннего регулирования водного режима орошенных земель;

возможность внесения с поливной водой в зону корней растворимых питательных веществ и сочетания увлажнения с одновременным обогревом почвы термальными и сбросными теплыми водами ТЭС;

минимальные затраты ручного труда.

При организации внутрисочвенного орошения необходимо учитывать и некоторые его недостатки: возможность использования на почвах только с хорошей капиллярной проводимостью (на суглинистых или легких при небольшой глубине водоупора); неприменимость на засоленных почвах с близким залеганием минерализованных грунтовых вод, а также при большом (50 %) содержании карбонатов, вызывающих просадку грунта; необходимость подачи чистой воды в связи с возможностью заиливания трубопроводов-увлажнителей; большая потребность в трубах и высокие, как правило, одновременные капитальные вложения.

Оросительная система при внутрисочвенном орошении может быть полузакрытой и закрытой.

При полузакрытой системе каналы устраивают открытыми, а трубы-увлажнители — закрытыми. Головки труб-увлажнителей укладывают выше дна оросителя (рис. 68, а), чтобы создавать необходимый напор и как можно больше одновременно включать в полив труб-увлажнителей.

При закрытой системе всю проводящую и регулирующую сеть выполняют из закрытых трубопроводов (рис. 68, б). Коэффициент земельного использования такой системы (рис. 69) выше по сравнению с полузакрытой, а полив полностью автоматизирован.

Подводящие и распределительные трубопроводы (обычно из асбестоцементных труб) при внутрисочвенном орошении устраивают на глубине не менее 50 см от поверхности земли, а трубы-увлажнители (керамические или перфорированные из полиэтилена или поливинилхлорида) — на глубине 45...50 см через 1,25...

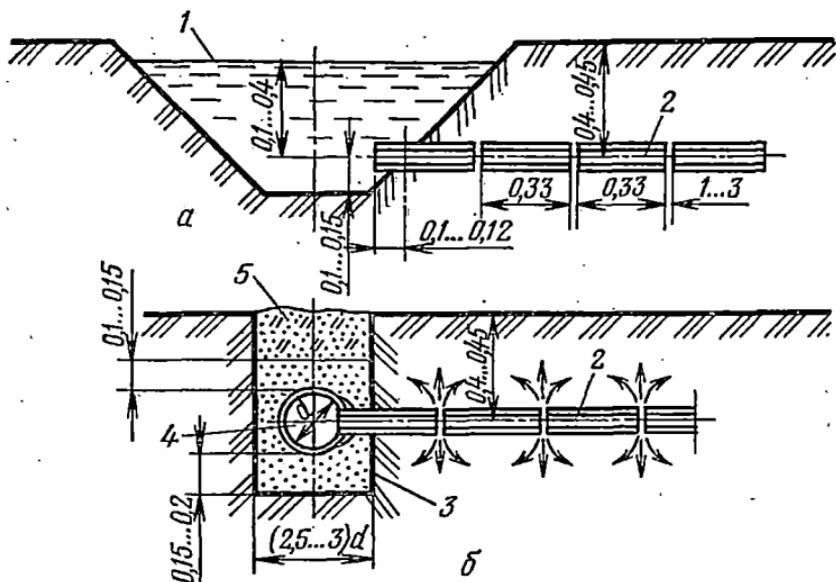


Рис. 68. Схемы соединения труб в полузакрытой (а) и закрытой (б) системах внутрпочвенного орошения:

1, 4 — открытый и закрытый оросители; 2 — керамические трубы-увлажнители диаметром 5...7,5 см; 3, 5 — засыпка песчаная и местным грунтом. Размеры в м.

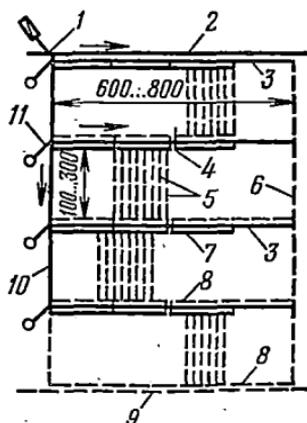
2 м. Вода в почву поступает через стыки керамических труб или через перфорацию.

По характеру действия системы внутрпочвенного орошения могут быть безнапорными и напорными.

При безнапорной системе вода продвигается по трубам самотеком. Чтобы трубы-увлажнители не занялись, их прокладывают с уклоном к полевому водосборному трубопроводу-коллектору не менее 0,004...0,005; скорость движения воды в них будет тогда не менее 0,7...0,8 м/с.

Рис. 69. Схема оросительной сети при внутрпочвенном орошении:

1, 11 — водовыпуски в участковый распределитель и в ороситель; 2, 7, 10 — распределители соответственно внутрхозяйственный, картовый и участковый; 3 — ороситель; 4 — переносная перемычка; 5 — трубы-увлажнители; 6, 8, 9 — водосборные каналы соответственно участковый, внутриучастковый и внутрхозяйственный.



При напорной системе почва увлажняется под напором. Такие системы при периодической подаче воды эффективнее безнапорных: позволяют увеличить расстояние между трубами-увлажнителями до 2...3 м, сокращают сроки полива и поливные нормы, растворяют и вымывают водорастворимые соли из корневой зоны, осуществляют периодическую промывку закрытых увлажнителей. Трубы-увлажнители устраивают с обратным уклоном к трубопроводу, который является не только оросителем, но и коллектором.

Внутрипочвенное орошение не получило широкого производственного применения вследствие ряда нерешенных вопросов: автоматизации распределения воды в увлажнители, контроля за работой увлажнителей, потерь воды на фильтрацию, недоувлажнения верхнего слоя почвы и др.

## § 57. Капельное орошение

При капельном орошении хорошо очищенная вода поступает в корнеобитаемый слой почвы из гибких полиэтиленовых трубопроводов через специальные приспособления — капельницы. Причем увлажняется только зона распространения корней, междурядья остаются сухими. Вместе с водой в почву можно подавать и растворенные питательные вещества.

Этот способ орошения применяют в районах со сложным рельефом (горные, предгорные), на почвах высокой водопроницаемости, в случаях острого дефицита оросительной воды. Хорошо он зарекомендовал себя при возделывании овощных и плодовых культур в закрытом и открытом грунтах.

Участки капельного орошения построены в Крыму, Молдавии, на Северном Кавказе.

Основные достоинства капельного орошения:

значительная экономия поливной воды по сравнению с обычными способами — на 50 % и более;

резкое снижение потерь воды на фильтрацию и испарение; отсутствие поверхностного стока, водной эрозии;

уменьшение сорной растительности, а следовательно, и производительного расхода воды из междурядий;

оптимальное и устойчивое увлажнение корнеобитаемого слоя в периоды роста и развития растений;

возможность локального в небольших дозах внесения удобрений вместе с поливной водой;

снижение числа междурядных обработок;

возможность уплотнения посевов культур;

отсутствие подъема грунтовых вод и опасности вторичного засоления;

возможность использования для орошения минерализованной, и в частности морской воды;

возможность применения на малоразвитых почвах с близким залеганием песка и галечника, где не требуется проведения планировки;

уменьшение затрат энергии на создание напоров воды в трубопроводах по сравнению с дождеванием;

повышение урожайности томатов, плодовых и цитрусовых культур на 25...50 %.

При организации капельного орошения необходимо учитывать и его недостатки: высокую первоначальную стоимость, опасность загрязнения и закупорки трубопроводов и капельниц отложениями окиси железа и нерастворимых карбонатов, а следовательно, необходимость установки специальных фильтров для очистки воды, необходимость в перестройке системы при смене культур на поле.

Воду в оросительную систему при капельном орошении (рис. 70) подают центробежные насосы. Расход воды регулируется вручную и автоматически. Низкий напор в системе позволяет применять капельницы больших диаметров и использовать более дешевые трубы и материалы.

Поливные трубопроводы прокладывают на поверхности земли в мелких (6...10 см) бороздах или вдоль рядков растений. Расстояние между поливными трубопроводами зависит от ширины междурядий: для овощных культур оно равно 0,8...0,9 м, для

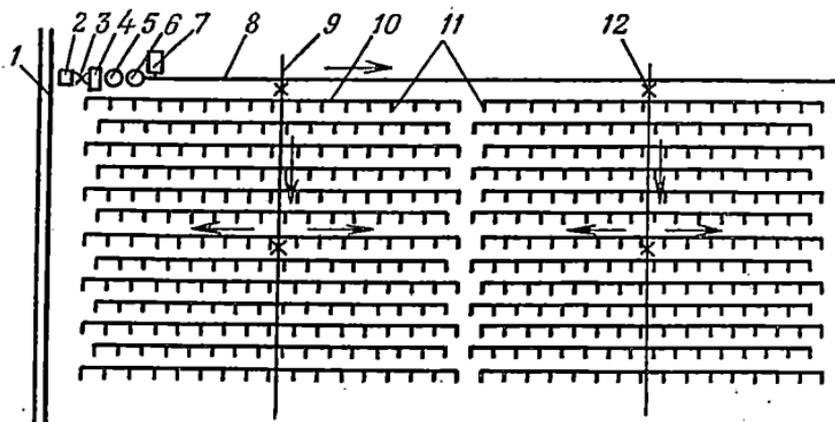


Рис. 70. Схема капельной системы орошения:

1 — подводящий канал; 2 — насос; 3 — задвижки; 4 — фильтр; 5 — водомер; 6 — манометр; 7 — устройство для смешения и подачи удобрений; 8, 9, 10 — трубопроводы соответственно магистральный, распределительный, поливной; 11 — водовыпуск-капельница; 12 — клапан для регулирования напора и расхода воды.

садов и виноградников — 2,5...6 м. Подводящий трубопровод может проходить на поверхности земли и в грунте.

Во избежание засорения капельниц и отверстий в микропористых трубах систему оборудуют сетчатыми фильтрами, у которых число отверстий должно быть не менее 30 на 1 см<sup>2</sup> длины. Стоимость фильтров составляет до 10 % всех капитальных вложений. Для борьбы с водорослями в воду добавляют медный купорос из расчета 1 мг/л.

Диаметр отверстий капельниц обычно не превышает 2 мм. Расход воды в каждой капельнице колеблется от 0,9 до 10 л/ч. Конструкция их различна. Вода из капельниц в почву поступает через винтовые нарезы в местах присоединения капсулы к патрубку. Расход воды можно регулировать изменением плотности ввинчивания капсулы в патрубок. Вместо капсул можно использовать микротрубки с внутренним диаметром 0,5...2 мм. Расход воды в этом случае регулируют изменением длины и диаметра микротрубок.

При расходе воды 3,8 л/ч расстояние между капельницами составляет 1 м, длина поливного трубопровода — 40 м, диаметр — 12 мм. При расходе 10 л/ч и тех же расстояниях и длине диаметр трубопровода равен 16 мм.

При поливе плодовых деревьев на каждое из них приходится несколько капельниц с расходом 1...7,6 л/ч. При устройстве систем капельного орошения для узкорядных (0,9 м) культур на 1 га расходуется до 10 700 м пластмассовых труб, для широкорядных (3 м) — 3000 м.

Для внесения удобрений с поливной водой обычно используют баки объемом 50...100 л. Раствор удобрений в подводящий трубопровод впрыскивают с помощью инжектора. Для работы инжектора необходимо давление около 0,25 МПа.

При подземном способе орошения увлажнение верхних слоев почвы осуществляется путем подъема уровня грунтовых вод (при неглубоком их залегании) шлюзованием осушительной сети (см. § 101). Такой способ орошения применяют для дополнительного увлажнения осушенных земель.

## § 58. Лиманное орошение

Лиманное орошение представляет собой один из способов увлажнения почвы путем задержания и использования вод местного стока. Территорию окружают с низовых сторон валами или дамбами, что создает условия для затопления ее весенними тальми водами. После достаточного увлажнения почвы лимана и отложения содержащихся в воде илистых частиц лишняя вода сбрасывается через устроенные в дамбах водовыпуски.

Достоинства лиманного орошения: простота и дешевизна устройства по сравнению с регулярным орошением, доступность источника орошения и возможность орошать повышенные, даже водораздельные площади, большое гидрологическое действие — поглощение поверхностного стока, превращение его в грунтовые водные токи, уменьшение половодья и усиление меженного питания рек, снижение эрозионных процессов, улучшение солевого режима почв. Недостатки: полив возможен только один раз весной — в период прохождения паводков, по площади лимана почва увлажняется неравномерно (нижняя часть переувлажняется, верхняя — недоувлажняется), площадь затопления по годам резко колеблется, в зависимости от объема паводковых вод.

Лиманное орошение служит важным фактором создания и укрепления кормовой базы для животноводства, роста урожаев кормовых и зерновых яровых культур, повышает плодородие засушливых степных земель, оказывает большое рассоляющее влияние на верхние слои почв в результате промывного действия вод местного стока. Особенно велика его роль в зонах распространения солонцовых и солончаковых почв. При лиманном орошении они быстро рассоляются и дают высокие урожаи сельскохозяйственных культур.

Зоны распространения лиманного орошения в СССР приведены на рисунке 71.

В зависимости от рельефа местности применяют следующие виды лиманов:

расположенные на склонах и наполняющиеся талой водой, стекающей с вышележащего водосбора;

припрудовые, устраиваемые ниже пруда, заполняются водой, сбрасываемой из пруда в период прохождения паводка. Такие лиманы можно применять в течение всего вегетационного периода;

устраиваемые в поймах рек, наполняющиеся при весеннем паводке, проходящем через поймы этих рек.

Лиманы могут быть одноярусными (простыми) и ярусными (рис. 72). По глубине затопления их разделяют на мелководные (до 0,3 м) и глубоководные (более 0,3 м).

Площади, отводимые под лиманное орошение, должны иметь небольшой уклон — до 0,005. Наилучшие условия складываются при уклоне до 0,001: при постройке невысоких земляных валов образуются лиманы большой площади.

Мелководные лиманы обеспечивают более равномерное увлажнение почвы по сравнению с глубоководными и эффективнее используют паводковую воду.

При лиманном орошении влажность почвы в корнеобитаемом слое (1...1,5 м) следует повышать до наименьшей влагоемкости.

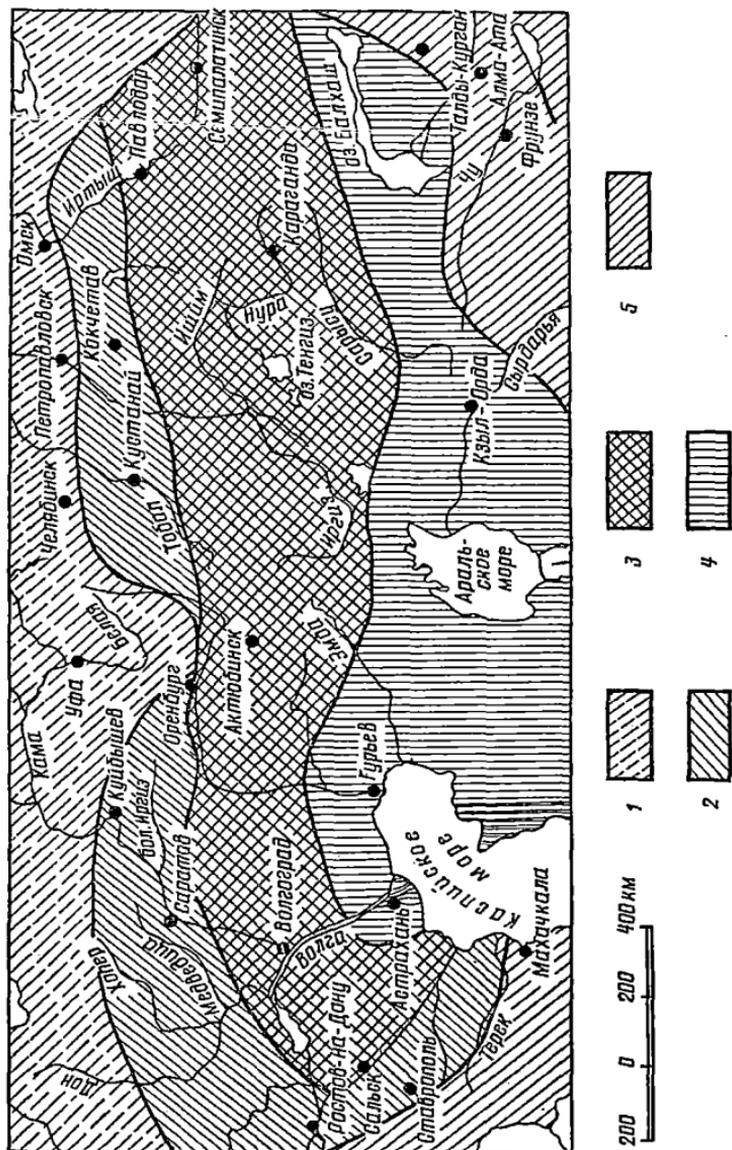


Рис. 71. Зоны распространения лиманного орошения:  
 1 — лесостепная; 2 — степная; 3 — пустынно-степная; 4 — пустынная; 5 — горно-луговая.

Средний слой затопления лимана (мм):

$$h = 0,1HA(\gamma_{пр} - \gamma),$$

где  $H$  — слой промачиваемой почвы, м;  $A$  — скважность промачиваемого слоя, % объема почвы;  $\gamma_{пр}$  — влажность промачиваемого слоя, соответствующая наименьшей влагоемкости, % скважности;  $\gamma$  — влажность почвы перед затоплением, % скважности.

Оросительную норму (брутто) в зависимости от климатической зоны расположения лимана, характера его сельскохозяйст-

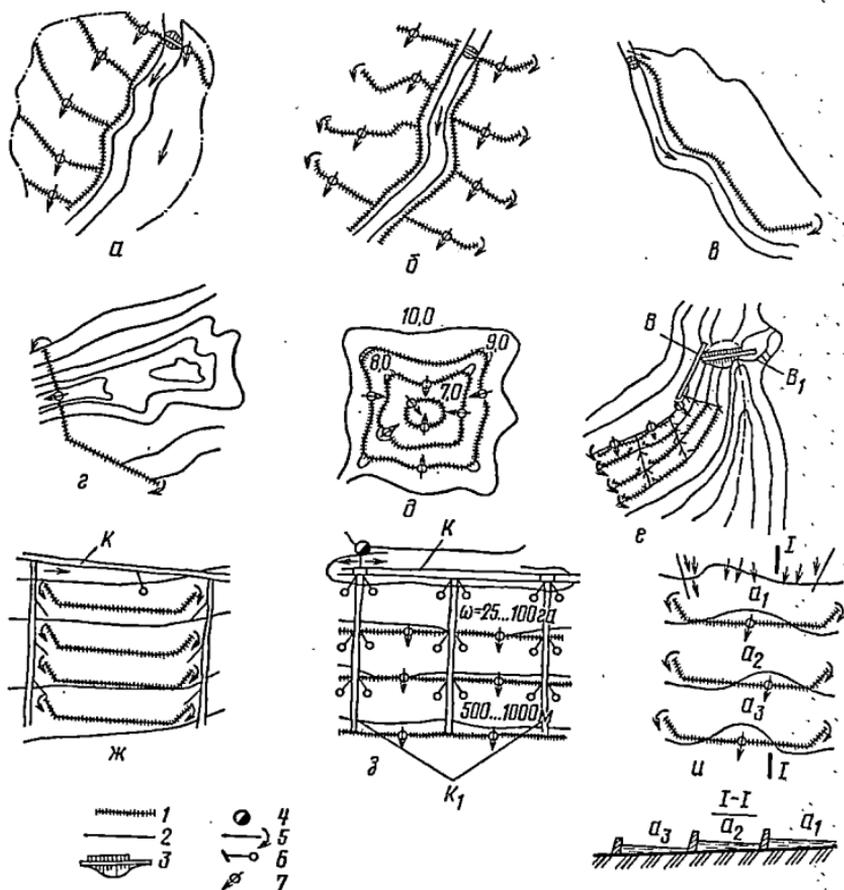


Рис. 72. Схемы лиманов:

$a$  — ярусные с пропуском паводка по пойме;  $b$  — ярусные в пойме реки;  $v$  — проточные;  $z$  — простые;  $d$  — ярусные в котловане;  $e$  — ярусные с питанием из водохранилища;  $ж$  — ярусные с питанием из канала;  $з$  — лиманы-чеки;  $и$  — мелководные ярусные;  $I$  — водоудерживающие валы; 2 — распределительные и струенаправляющие валы; 3 — плотина; 4 — насосная станция; 5 — естественные водоотходы; 6 — водовыпуски; 7 — водоспуски;  $K$  — канал;  $K_1$  — распределительный канал;  $B$  — водоспускной канал;  $B_1$  — водослив;  $a_1, a_2, a_3$  — соответственно 1, 2 и 3-й ярусы.

венного использования, водно-физических свойств почвогрунтов, глубины залегания грунтовых вод и других факторов принимают в пределах 1500...4000 м<sup>3</sup>/га.

На ярусных лиманах у подошвы верхнего вала держится минимальный слой воды — 6...10 см, у нижнего — максимальный.

Ширина (м) лиманов, нормальная к горизонталям местности (расстояние между валами):

$$l = \frac{h_n - h_b}{i} = \frac{2(h_{cp} - h_b)}{i},$$

где  $h_n$ ,  $h_b$  — глубина воды у нижнего и верхнего валов, м;  $i$  — средний уклон поверхности лимана;  $h_{cp}$  — средняя глубина затопления лимана, м,  $h_{cp} = (h_n + h_b)/2$ .

Ширина лимана обычно 100...700 м. Длину (вдоль горизонталей) в целях облегчения работ по распределению воды, наполнению и опорожнению лимана берут не более 600 м. Очень длинные лиманы распределительными валами делят на секторы.

Для равномерного увлажнения лимана, особенно верхней части яруса, нижний вал его располагают так, чтобы вода подтапливала верхний вал на 5...10 см. В верхнем ярусе площадь, затопленную водой на глубину менее 5 см, исключают из площади лимана.

Высоту водоудерживающих валов на мелководных лиманах назначают из расчета, чтобы наивысший уровень воды в лимане был на 10...20 см ниже гребня вала, обычно она составляет 0,5...0,8 м. Ширину гребня берут не менее 0,5 м, а при насыпке валов бульдозерами доводят до 2,2 м. При такой ширине гребня возможны механизированная насыпка вала и тщательное послойное уплотнение грунта на полную высоту. Валы должны быть проходными для сельскохозяйственных машин, с крутизной откосов 1:4 или 1:5. Откосы их укрепляют посевами многолетних трав.

Валы глубоководных лиманов имеют значительную высоту (2 м и более). Место их расположения намечают с помощью геодезических инструментов (теодолита и нивелира). Земляные работы выполняют грейдерами, бульдозерами, тракторными плугами с удлиненными отвалами. Перед насыпкой по трассе валов растительный слой снимают на глубину 30...40 см и потом используют для насыпки (10...15 см) по их гребню и откосам.

Продолжительность затопления лиманов составляет несколько суток, в течение которых в почву впитывается объем воды, равный  $M_{бр}$ . Ее назначают с учетом особенностей развития возделываемых на лимане сельскохозяйственных культур: для естественных трав 10...15 сут; для люцерны желтой, житняка, яровых культур 6...10; для травосмесей 5...8; для зерновых озимых 2...3; для лесных полос 2...5 сут. После установленного срока затопле-

ния оставшуюся в лимане воду сбрасывают через водовыпуски (деревянные, из асбестоцементных труб или бетона) в нижних валах каждого яруса и начинают весенние работы.

Площадь (га) мелководного лимана без сброса талой воды за пределы лимана:

$$F_{\text{ит}} = W_p / M_{\text{бр}},$$

где  $W_p$  — объем стока заданной обеспеченности, рассчитывают на сток 50 %-ной обеспеченности;  $M_{\text{бр}}$  — оросительная норма брутто, м<sup>3</sup>/га.

Согласно санитарным требованиям, лиманы следует располагать вдали от населенных пунктов. Грунтовые воды на участках лиманного орошения должны залегать не ближе 3 м от поверхности земли. Границы полей следует совмещать с трассами расположения валов.

По внешней границе лимана, откосам дамб и на прирусловых частях пойм рек высаживают древесные и кустарниковые породы деревьев.

## § 59. Орошение сточными водами

Сточными называют воды канализационной сети городов и сельских населенных пунктов. Степень их загрязнения зависит от характера производства, вида перерабатываемого сырья на фабриках и заводах, технологического процесса промышленных предприятий.

Сточные воды содержат большое количество яиц гельминтов, патогенных бактерий, микроорганизмов, органических соединений, опасных в санитарном отношении, но в то же время они несут и большое количество азота, калия, фосфора и других питательных веществ, которые можно использовать в качестве удобрений.

По степени пригодности для орошения сточные воды в зависимости от химического состава, почвенных, климатических и гидрогеологических условий делят на следующие группы:

хозяйственно-бытовые с предприятий суконного и коврового производства и тяжелой промышленности. Они имеют низкую минерализацию (0,5...2 г/л), слабокислую или слабощелочную реакцию, хлоридно-сульфитный или бикарбонатно-сульфатный состав. Содержание органических веществ БПК<sub>5</sub> (биологическая потребность в кислороде для окисления углерода и водорода органического вещества сточных вод за 5 сут) не более 200 мг/л. Соотношение натрия и кальция благоприятное — не более 1:2. Сода отсутствует. Их можно использовать для орошения сельскохозяйственных культур во всех почвенно-климатических зонах страны без очистки;

с предприятий пищевой промышленности: крахмальных, са-

харных, дрожжевых, консервных заводов и мясокомбинатов. Они сравнительно благоприятны по составу, но имеют повышенное содержание органического взвешенного осадка. Минерализация достигает 2...3 г/л, реакция воды слабокислая. Состав бикарбонатно-сульфатный. Соотношение натрия и кальция благоприятное. Сода отсутствует. Осадок составляет 5...50 г/л. Их можно использовать для орошения сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых, серых лесных (оподзоленных), каштановых и черноземных почвах после удаления осадка и разбавления речной или прудовой водой;

с предприятий хлопчатобумажного и отбельно-красильного производства. Они имеют невысокую минерализацию (до 2 г/л), реакция щелочная. Состав карбонатно-сульфатный. В воде содержится много соды (200...300 мг/л) и незначительное количество органических веществ. Наиболее целесообразно использовать их для орошения дерново-подзолистых, серых лесных почв и осушенных торфяников после предварительного, по возможности максимального удаления соды;

с предприятий химической и калийно-фармацевтической промышленности, с заводов синтетического волокна и каучука. Они имеют повышенную минерализацию (3...5 г/л), кислую или щелочную реакцию. Состав сульфатно-хлоридный. Соотношение натрия и кальция неблагоприятное. В воде содержится большое количество органических взвешенных веществ искусственного происхождения. Для орошения они пригодны только после нейтрализации, разбавления до минерализации 1...2 г/л и снижения содержания натрия и органических веществ.

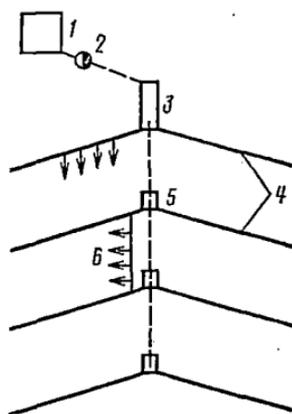
Сточные воды очищают на очистных станциях аэрации. Промышленные сточные воды проходят предварительную обработку внутри цехов предприятий, где из воды удаляют взвеси различных токсических веществ, которые могут отрицательно повлиять на процессы очистки.

Различают механическую и биологическую очистку сточных вод.

При механической очистке воду пропускают через решетки, песколовки, жироловки и первичные отстойники. Решетки задерживают крупные плавающие предметы (бумага, тряпки и др.). Потом эти предметы измельчают дробилками и спускают в поток очищенной от крупных частиц воды. Песколовки задерживают крупные минеральные частицы, главным образом песок (их отправляют на песковые площадки для обезвреживания). Жироловки задерживают жировые вещества. В первичных отстойниках осаждаются содержащиеся в сточной воде взвешенные вещества. Отстойники устраивают проточными. Длину их принимают такой, чтобы вода через отстойник протекала с малой скоростью

Рис. 73. Схема оросительной сети при поливе сточными водами:

1 — населенный пункт; 2 — насосная станция; 3 — отстойник; 4 — оросительные каналы; 5 — колодец-водовыпуск; 6 — направление полива.



(1 мм/с) примерно за 1,5...2 ч и на его дне осаждались все взвешенные вещества, до 80...90 % яиц гельминтов и до 50...60 % бактерий.

При механической очистке из бытовых сточных вод удаляется до 60 % нерастворимых частиц и БПК<sub>5</sub> снижается на 20 %. Если перед входом в отстойники сточные воды предварительно подвергнуть аэрации, то эффективность механической очистки повысится на 75 %, а БПК<sub>5</sub> снизится на 40...45 %.

Механически осветленные сточные воды далее (если в этом есть необходимость) подвергают биологической очистке искусственными (химическими и физико-химическими) и естественными (через почву и воду на полях фильтрации, полях орошения и в биологических прудах) методами.

В последние годы успешно проводят очистку и обеззараживание сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения (ЗПО) (рис. 73). Просачиваясь в почву при поливе, сточные воды очищаются от бактерий и освобождаются от большинства химических соединений. ЗПО располагают не ближе 200 м от населенных пунктов, колодцев и других водоисточников. Полив в основном проводится по бороздам и полосам. Сброс сточных вод за пределы ЗПО запрещен. Грунтовые воды должны находиться на глубине не менее 3 м от поверхности земли. При высокой фильтрационной способности почвогрунтов и плохом оттоке грунтовых вод следует увеличивать число поливов и уменьшать поливные нормы.

На ЗПО по санитарно-гигиеническим условиям разрешается выращивать зерновые, силосные, кормовые, технические культуры, овощные, употребляемые в пищу после термической обработки (кабачки, баклажаны и др.), плодово-ягодные и декоративные насаждения. Урожай культур благодаря удобрительным свойствам осветленных сточных вод получают высокие.

Земледельческие поля орошения должны быть хорошо выровнены, поскольку при сильно выраженном микрорельефе наблюдается неравномерное увлажнение: на пониженных местах — переувлажнение, на повышенных — недостаточное увлажнение.

В настоящее время применяют также внутрпочвенный полив

сточными водами, наилучший в эпидемиологическом отношении, но пока очень дорогой в исполнении.

Когда сточные воды негодны для орошения, их очищают в биологических прудах. Пруды бывают окислительные и восстановительные, работающие как пруды-накопители. Окислительные пруды предназначены в основном для очистки сточной воды от яиц гельминтов и болезнетворных микроорганизмов и поэтому используются только в теплое время года. Пруды-накопители устраивают в районах, где невозможно круглогодочное использование сточных вод — суровые зимы, тяжелые почвы и т. д. Сточные воды накапливаются длительное время — до 120 сут. В прудах-накопителях происходят анаэробные биологические процессы, жидкость постепенно загнивает и распространяет неприятный запах. Поэтому такие пруды размещают вдали от населенных мест.

## § 60. Орошение стоками животноводческих ферм

В практике использования для орошения стоков животноводческих ферм и комплексов наиболее широкое распространение получила следующая схема (рис. 74).

Жидкий навоз из животноводческих помещений удаляют скребковыми транспортерами или водой (гидросмывом). При гидросмыве он поступает по самотечным бетонным каналам (желобам) в жижеборник. В жижеборнике происходит первоначальное

разделение навозной жижи на три части, в зависимости от плотности составляющих частиц: на дно выпадают частицы с плотностью больше единицы, выше них располагается слой жижи, а на ее поверхности накапливается часть жидкого навоза с плотностью меньше единицы (остатки корма, под-

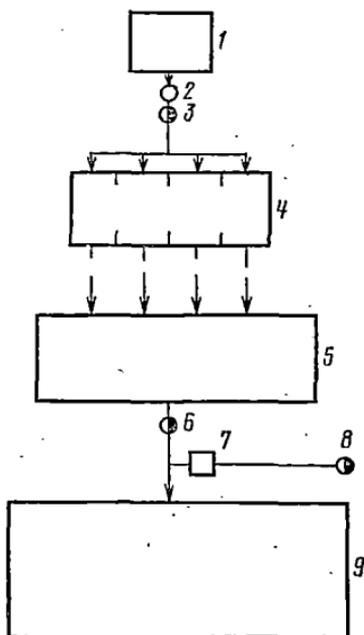


Рис. 74. Схема орошения стоками животноводческих ферм:

1 — животноводческая ферма; 2 — жижеборник; 3, 6, 7 — насосные станции соответственно неосветленных стоков, осветленных стоков и чистой воды; 4 — отстойники навозонакопители; 5 — резервуар осветленных стоков; 8 — смеситель стоков и чистой воды; 9 — поля орошения.

стилки и др.). Плотный осадок со дна жижеборника погрузчиком поднимают на поверхность и вывозят на поля. Жидкую часть стоков фекальными насосами по трубопроводам перекачивают в горизонтальные отстойники-навозоаккумуляторы. В отстойниках стоки окончательно осветляются, то есть жидкий навоз разделяется на плотный остаток и осветленный сток; яйца гельминтов осаждаются на дно.

Режим работы отстойников необходимо строго соблюдать, так как только при правильной их эксплуатации происходят полная дегельминтизация и осветление стоков, подсушивается плотный остаток.

Большое количество яиц гельминтов содержится в жидком навозе свиноводческих ферм, в стоках же животноводческих ферм крупного рогатого скота их почти нет. Скорость осаждения яиц гельминтов в отстойниках составляет 1 мм/мин, то есть полностью они осаждаются, как правило, на 3...4-е сутки.

Осветленные стоки из отстойников-навозоаккумуляторов поступают в земляные водоемы-резервуары, а оттуда в открытую или закрытую оросительную сеть.

Оросительные нормы осветленных стоков определяют с учетом содержания в них азота, фосфора, калия и потребности сельскохозяйственных культур в воде и питательных элементах.

По данным В. А. Никитина, Г. Н. Пичуриной и других, в животноводческих стоках общего азота содержится 0,3, фосфора — 0,08, калия — 0,7 %, но в процессе подготовки стоков к орошению содержание этих веществ уменьшается.

Годовая оросительная норма ( $m^3/га$ ):

$$M_{o.c} = P / (10ns),$$

где  $P$  — норма выноса питательных элементов (NPK) орошаемой культуры при планируемой урожайности, кг/га;  $n$  — коэффициент использования питательных элементов растениями, для азота 0,6...0,7, калия 0,6, фосфора 0,6;  $s$  — содержание питательных элементов в осветленных стоках, %.

При расчете оросительной нормы отдельно по N, P, K принимают минимальную норму одного из питательных элементов. Недостающее количество остальных двух элементов восполняют дополнительным внесением минеральных удобрений.

*Пример.* Осветленные стоки животноводческого комплекса в колхозе им. Жданова Ракитянского района Белгородской области содержат азота, фосфора и калия соответственно 0,065; 0,01 и 0,025 %. При запланированной урожайности кукурузы (силосной массы) 60 т/га из почвы выносятся азота 300, фосфора 60 и калия 180 кг/га. Требуется определить оросительную норму осветленных стоков для кукурузы.

Оросительная норма осветленных стоков с учетом выноса питательных элементов составит:

по азоту  $M_{o.c} = 300 / (10 \cdot 0,7 \cdot 0,065) = 660 \text{ м}^3/\text{га}$ ;  
 по фосфору  $M_{o.c} = 60 / (10 \cdot 0,6 \cdot 0,01) = 1000 \text{ м}^3/\text{га}$ ;  
 по калию  $M_{o.c} = 180 / (10 \cdot 0,6 \cdot 0,025) = 1200 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Принимаем оросительную норму по азоту. Оросительную норму, рассчитанную по фосфору или калию, брать нельзя, так как при этом на орошаемое поле будет дана лишняя доза азота, превышающая потребность кукурузы в нем. Недостающее количество фосфора и калия вносят в виде минеральных удобрений.

С учетом коэффициента использования питательных элементов получим:  $P = (1000 - 660) \cdot 0,01 \cdot 10 = 34 \text{ кг/га}$ ;  $K = (1200 - 660) \cdot 0,025 \cdot 10 = 135 \text{ кг/га}$ .

Такой расчет оросительных норм осветленных стоков следует проводить для всех орошаемых культур севооборота.

Общая площадь (га) орошения животноводческими стоками:

$$\omega = \frac{10 W s a}{\sum(n/k)},$$

где  $W$  — годовой объем стоков,  $\text{м}^3$ ;  $s$  — содержание азота в поливной воде, %;  $a$  — число культур в орошаемом севообороте;  $n$  — вынос азота каждой культурой севооборота,  $\text{кг/га}$ ;  $k$  — коэффициент использования азота растениями.

Когда в осветленных животноводческих стоках содержится немного азота (0,015 % и менее), оросительную норму сельскохозяйственных культур севооборота рассчитывают по водопотреблению.

Орошение сельскохозяйственных культур осветленными стоками животноводческих ферм проводят дождеванием, по бороздам, напуском по полосам и затоплением по чекам.

При поливе дождеванием жидкий навоз (стоки) разбавляют чистой водой для зимних условий в соотношении 1:1, для летних — 1:3 или 1:4. Полив выполняют дождевальными машинами ДДН-70, ДДН-100, ДКШ-64 «Волжанка» и др.

Культуры сплошного посева (зерновые, многолетние травы) поливают напуском по полосам и затоплением по чекам. Поливные полосы нарезают одновременно с посевом. Осветленные стоки подают по выводной борозде, капроновому рукаву или разборному металлическому трубопроводу.

На ровных, хорошо спланированных полях с уклоном не более 0,001 зерновые культуры поливают затоплением по чекам. Валики, ограждающие чеки, нарезают высотой 20...25 см плугом с удлиненным отвалом, бульдозерами или грейдерами.

В осенний период можно вести полив по плужным бороздам при вспашке зяби. Животноводческие стоки подают по выводной борозде, нарезанной каналокопателем или обычным плугом. Вспашку по направлению уклона поля начинают после того, как

выводная борозда будет заполнена стоками. При пахоте плуг пересекает выводную борозду, заполненную стоками, и они самотеком поступают в плужную борозду и текут вниз по уклону поля. При последующем проходе трактора плужную борозду, наполненную стоками, запахивают, а в следующую плужную борозду снова самотеком поступают стоки и т. д.

С наступлением заморозков пашню можно поливать по бороздам-щелям, нарезанным борозделателями-щелерезами.

Многолетние травы поливают напуском по уклону поля с предварительным щелеванием поверхности почвы. Щелевание выполняют культиватором, на котором вместо ножей-плоскорезов установлены специальные щелерезы. Эти мероприятия способствуют лучшему проникновению стоков в почву.

## **Глава 8. БОРЬБА С ЗАСОЛЕНИЕМ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ**

### **§ 61. Причины и предупреждение засоления орошаемых земель**

Засоленными называют почвы, в корнеобитаемом слое которых содержится избыточное количество растворенных и поглощенных солей, угнетающих развитие сельскохозяйственных культур.

К накоплению солей в почвах в районах с засушливым климатом приводит степной процесс почвообразования: усиленное аэробное разрушение зольных элементов как в ранее накопленных, так и в ежегодно образующихся в почве органических остатках и перегное. Минеральные соединения при этом постепенно освобождаются от солей кальция, остающихся в более глубоком карбонатном или гипсовом горизонте. Оставшиеся в растворе соли, главным образом хлористый и сернокислый натрий ( $\text{NaCl}$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), вместе с почвенной водой перемещаются в пониженные элементы рельефа, где и скапливаются. С увеличением содержания в почвенном растворе солей натрия из коллоидной части почвы вытесняется кальций, его замещают ионы натрия. В результате насыщения перегнойной почвы поглощенным натрием почва теряет водопропрочную структуру. Этот процесс проявляется наиболее активно при наличии в почвенном растворе солей карбоната и бикарбоната натрия (соды). При этом поглощенный кальций замещается натрием.

Деградирующие черноземы в таких условиях превращаются в солонцы, которые совершенно не поддаются обработке. Во влажном состоянии они бесструктурны, почти непроницаемы для воды, а при высыхании приобретают твердое и глыбистое строение.

В нижней части склонов количество растворимых солей увеличивается за счет притока их с водораздела и приводораздельных площадей. Здесь солонцы постепенно переходят в солончаки.

Солонцовые почвы содержат мало солей в почвенном растворе, но отличаются большим количеством поглощенного натрия (более 5 % полной емкости поглощения). Солончаковые же почвы содержат поглощенного натрия менее 5 % полной емкости поглощения, но растворенных солей в их почвенном растворе много.

Довольно широкое распространение получило засоление почв от поступления солей с капиллярными токами из солоноватых или соленых грунтовых вод, когда глубина их залегания бывает меньше высоты капиллярного поднятия данных почвогрунтов. Высота капиллярного поднятия тем больше, чем бесструктурнее и тяжелее по механическому составу почва. В суглинистых почвогрунтах высота капиллярного поднятия достигает 4 м.

При залегании грунтовых вод на орошаемой территории на глубине 3 м и ближе от поверхности вода, поднимающаяся по почвенным капиллярам, достигает верхних слоев почвы и испаряется, а соли остаются в почве. Чем ближе к поверхности стоят грунтовые воды, тем интенсивнее испаряется вода и засоляются почвы. При глубине грунтовых вод 6 м опасность засоления корнеобитаемого слоя отсутствует.

На орошаемых землях уровень грунтовых вод часто поднимается при чрезмерно обильных поливах, когда поливные нормы превышают водоудерживающую способность активного слоя почвы. При этом часть поливной воды по капиллярам уходит в грунтовые воды. Очень сильно грунтовые воды поднимаются в зоне оросительных каналов в результате фильтрационных потерь воды из них.

Во избежание засоления орошаемых почв грунтовые воды должны стоять на глубине не меньше критической:

$$h_{кр} = h_{max} + a,$$

где  $h_{max}$  — наибольшая высота капиллярного поднятия воды в данном почвогрунте;  $a$  — глубина распространения основной корневой системы сельскохозяйственных культур, принимают 0,5...0,8 м.

Критическая глубина залегания грунтовых вод зависит от степени их минерализации. Так, для лёссовых почв ее принимают в следующих пределах:

минерализация грунтовых вод, г/л	1,5...3,0	3,0...5,0	5,0...7,0
критическая глубина $h_{кр}$ , м	1,5...2,2	2,2...3,0	3,0...3,5

Критическая глубина залегания грунтовых вод составляет от 1,5 м для легких почв до 3,5 м для тяжелых.

Для предупреждения накопления солей в верхних слоях почвы необходимо проводить следующие мероприятия (по данным А. Н. Костякова):

· путем создания и поддержания комковатой структуры почвы снижать высоту капиллярного поднятия грунтовых вод;

· улучшением структуры почвы уменьшать испарение влаги из нее;

· правильным нормированным водопользованием поддерживать достаточную глубину уровня грунтовых вод;

· при близком стоянии минерализованных грунтовых вод обеспечивать их отток устройством дренажа.

В системе мер по предупреждению и борьбе с засолением почв большое значение имеет комплексное применение перечисленных мероприятий.

На орошаемых полях, занятых многолетними травами, довольно интенсивно идет процесс накопления органического вещества и перегноя в почве, то есть плодородие ее резко повышается. Заметно улучшается структура пахотного слоя, возрастают его фильтрационные свойства (водопроницаемость) и снижается опасность засоления.

С целью предупреждения засоления почвы проводят мероприятия по уменьшению испарения влаги с ее поверхности. Для этого, помимо создания комковатой структуры и затенения почвы, по границам орошаемых полей высаживают лесные полосы. Лесные полосы значительно снижают скорость ветра, повышают влажность воздуха в приземном слое, вследствие чего уменьшаются испарение влаги из почвы и интенсивность поднятия солей в верхние ее слои, в период интенсивной вегетации (май — октябрь) поглощают большое количество фильтрующейся из каналов воды и тем самым способствуют понижению уровня грунтовых вод в зоне оросительных каналов, а также действуют как биологический дренаж.

На полях, окаймленных лесными полосами высотой 15...18 м, испарение воды с поверхности почвы при скорости ветра 2...3 м/с снижается на 17, а при скорости 5...6 м/с — на 25 % по сравнению с полями, где нет таких полос.

Значительную роль по предупреждению засоления и заболачивания орошаемых земель играют мелиоративно-эксплуатационные мероприятия: применение рациональной техники полива; соблюдение правильного водопользования и режима орошения, не допускающего сброса поливной воды; содержание в исправном состоянии оросительной сети, каналов, дамб, гидротехнических сооружений; опорожнение каналов от излишней воды в период паводков, после поливов и при авариях на оросительной сети.

## § 62. Дренаж на орошаемых землях

В тех случаях, когда на орошаемых землях высокоминерализованные грунтовые воды залегают близко к поверхности, нет достаточного естественного их оттока и невозможно эксплуатационными мероприятиями понизить их уровень, устраивают дренаж.

В хлопководческих районах уровень грунтовых вод должен стоять не ближе 2,5 м к поверхности почвы. Их подъем до глубины 1,2 м допускается на срок не более 8 сут.

Дренаж может быть открытым (в виде каналов), закрытым, горизонтальным, вертикальным, комбинированным, двухъярусным и др.

*Открытый дренаж* применяют на участках с малым уклоном и при невысокой водопроницаемости почв. Открытые каналы глубиной 1,5...2,5 м (расстояния между каналами принимают 200...500 м) впадают в каналы-коллекторы глубиной 2,5...3,5 м. При этом за пределы орошаемой территории отводятся грунтовые и поверхностные воды. Во избежание заиливания скорость движения воды в каналах должна быть не менее 0,25...0,4 м/с, а уклон — не менее 0,001...0,003.

Открытая дренажная сеть имеет ряд существенных недостатков: каналы затрудняют работу сельскохозяйственных машин на полях; откосы и дно дренажных каналов и коллекторов зарастают сорной растительностью, и эти места являются источником засорения полей; под открытые каналы забирается часть пахотной площади; расходы на эксплуатацию открытых каналов бывают значительны, иногда 2,5...8 % строительной стоимости сети. Поэтому эффективнее для предупреждения засоления земель устраивать закрытый дренаж.

*Горизонтальный закрытый дренаж* хорошо понижает и отводит грунтовые воды с орошаемой территории. Его выполняют из керамических, асбестоцементных, бетонных или пластмассовых труб: для первичных и групповых дрен диаметром 10...20 см, для коллекторов диаметром до 50 см. Керамические трубы укладывают встык с зазором 0,5...1 мм, через который грунтовые воды просачиваются в дренаж. Во избежание заиливания стыки труб на  $\frac{2}{3}$  их окружности прикрывают толем, мешковиной, стеклохолстом или обсыпают гравием. В легких суглинистых грунтах под дренажными трубами устраивают гравийную подстилку (слоем 10 см), а их стыки обсыпают щебнем и гравием.

Чтобы дренажная система работала более эффективно, дрены располагают в направлении гидроизогипс, а коллекторы — вдоль уклона местности. Закрытый дренаж выполняют на расстоянии не менее 20 м от оросительных каналов; он не должен про-

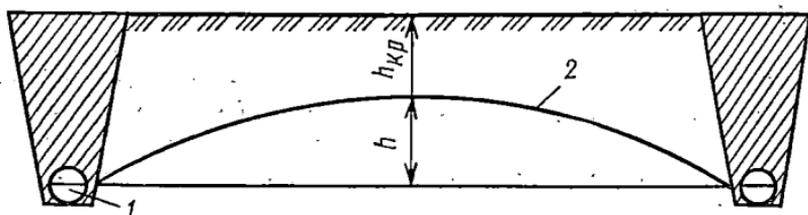


Рис. 75. Схема действия закрытого горизонтального дренажа:  
1 — дрена; 2 — депрессионная кривая.

ходить под ними во избежание фильтрации воды из оросительных каналов в дрена.

Грунтовые воды на орошаемой территории под некоторым напором просачиваются в дрена, текут по ним, попадают в коллекторы и далее в водоприемник. Уровень грунтовых вод под действием дренажа снижается, а между дренами образуется депрессионная поверхность (рис. 75). Верхняя точка депрессионной поверхности в середине расстояния между дренами имеет превышение (напор)  $h$  над уровнем воды в дрене, под действием которого происходит движение воды и выход ее в дрину. Чем больше напор  $h$  над дренаем, тем выше скорость движения и больше расход воды, поступающей в дрину. Нижним пределом напора грунтовых вод над уровнем воды в дрине считают в легких почвах 20...30 см, в средних — 30...40, в тяжелых — 40...50 см, в действительности эти напоры могут еще снижаться. Предельное положение грунтовых вод между дренами должно быть не выше критической глубины  $h_{кр}$ .

Глубина заложения дрен

$$H = h_{кр} + h + h_0,$$

где  $h_0$  — глубина воды в дрине, м.

Дренаж обычно закладывают на глубину 2...4 м. В зависимости от механического состава почвогрунтов расстояние (м) между дренами принимают в следующих пределах:

глинистые без песчаных прослоек	80...200
суглинистые » » »	200...300
» с песчаными прослойками	400...500
» хорошо водопроницаемые	500...600
» с прослойками гравия	600...1200

Дрены могут быть длиной 500 м и более. Диаметр их определяют гидравлическим расчетом.

Расход воды, поступающей в дрину:

$$Q = q\omega,$$

где  $\omega$  — площадь, с которой принимают воду дрена, га;  $q$  — модуль дренажного стока, л/(с·га).

Для суглинистых почвогрунтов модуль дренажного стока  $q = 0,24 \dots 0,47$  л/(с·га), для песчаных —  $q = 0,28 \dots 0,7$ , для гравелистых —  $q = 0,7 \dots 0,9$  л/(с·га).

Во избежание заиливания дренажа его уклон должен быть не менее 0,002, а скорость движения воды в дренах — 0,35...0,8 м/с. По длине дренажа через каждые 100...200 м сооружают смотровые колодцы, которые периодически очищают от ила.

*Вертикальный дренаж* применяют для понижения уровня грунтовых вод на орошаемых землях в определенных гидрогеологических условиях: при залегании хорошо водопроницаемых почвогрунтов (мощных, крупнозернистых, песчаных или гравелистых); на землях, подстилаемых галечниковыми аллювиальными отложениями, и др. Он способствует ускорению процесса рассоления орошаемых земель и распространению этого процесса на большую глубину в сравнении с горизонтальным, но требует и больших эксплуатационных затрат.

Вертикальный дренаж сооружают в виде вертикальных буровых скважин диаметром 30 см и более и глубиной 30...150 м, в зависимости от условий залегания водоносного пласта. Нижнюю часть скважины оборудуют фильтром для приема грунтовой воды. Скважины размещают равномерно по всей площади (площадное расположение), если надо понизить уровень грунтовых вод на всей орошаемой территории, или по одной линии (линейное расположение), если нужно перехватить поток грунтовых вод, поступающий на данную территорию со стороны прилегающих земель. С учетом водопроницаемости водоносного слоя расстояния между вертикальными скважинами по уклону потока грунтовых вод принимают 1,5...3 км, по горизонталям местности — 0,7...1,5 км. Одна скважина обслуживает площадь 100...400 га. В зависимости от дебита скважины оборудуют глубинными погружными насосами подачей 20...400 л/с.

*Комбинированный дренаж* представляет систему горизонтальных (открытых или закрытых) дрен с подключенными к ним вертикальными скважинами-усилителями, вскрывающими глубокие хорошо водопроницаемые обводненные горизонты. Скважины-усилители работают без принудительной откачки, под действием естественного напора, возникающего в результате разности отметок уровня грунтовых вод в середине междренья и уровня воды в устьях скважин.

Комбинированный дренаж, в отличие от горизонтального, имеет меньшую строительную и эксплуатационную стоимость, надежен в работе.

*Двухъярусный дренаж* способствует более равномерному

рассолению почвогрунтов. Верхний ярус укладывают бестраншейным способом из пластмассовых труб на глубине 1,5...2 м, нижний — выполняют в виде постоянного закрытого дренажа. Нижний ярус делает процесс промывки почвы интенсивным, существенно выравнивает нисходящие скорости промывных токов воды.

### § 63. Промывка засоленных земель

Избыток солей из корнеобитаемого слоя почвы удаляют промывкой его водой. К началу посева сельскохозяйственных культур количество ионов хлора в метровом слое почвы не должно превышать 0,01 % ее массы.

При промывке вода проходит через верхние слои почвы, растворяет и вымывает соли в грунтовые воды. Если грунтовые воды залегают на глубине менее 2 м и не имеют естественного оттока, промывку следует осуществлять на фоне дренажа.

Почвы промывают, как правило, в осенний период, когда грунтовые воды стоят глубоко. Поле должно быть заранее спланировано, вспахано, забороновано (тогда поливная вода будет просачиваться в глубь почвы медленнее и равномернее) и разделено на делянки — чеки площадью до 0,25 га. Промывку обычно проводят в два периода.

*В первый период* корнеобитаемый слой увлажняют до наименьшей (полевой) влагоемкости, при этом соли, находящиеся в почве, переходят в раствор.

*Во второй период* происходит дальнейшее растворение и вытеснение солей из промываемого слоя в грунтовые воды. Образовавшийся раствор солей вместе с грунтовыми водами отводится дренажем за пределы орошаемой территории.

Разовые промывные нормы на легких почвах составляют 1500...1800 м<sup>3</sup>/га, на средних — 1900...2000 и на тяжелых — 2000...2500 м<sup>3</sup>/га.

Общую промывную норму можно определить по различным формулам.

Промывная норма (м<sup>3</sup>/га) по Л. П. Розову:

$$M = P - m + nA,$$

где  $P$  — наименьшая влагоемкость промываемого почвенного слоя, м<sup>3</sup>/га;  $m$  — запасы воды в промываемом слое до промывки, м<sup>3</sup>/га;  $nA$  — добавочное количество воды, необходимое для вытеснения растворенных солей из слоя  $H$ , м<sup>3</sup>/га;  $n$  — коэффициент, зависящий от степени засоления почв, изменяется от 0,5 до 1,5 (определяют опытным путем).

Промывная норма (м<sup>3</sup>/га) по А. Н. Костякову:

$$M_{\text{пром}} = 100H\alpha \left[ (\beta_0 - \beta) + \frac{S_1 - S_2}{K} \right],$$

где  $H$  — глубина промываемого слоя, м;  $\alpha$  — плотность почвы,  $t/m^3$ ;  $\beta_0$  — наименьшая влагоемкость, % массы;  $\beta$  — влажность почвы перед промывкой, % массы;  $S_1$  — содержание солей до промывки, % массы;  $S_2$  — допустимое содержание солей после промывки, % массы;  $K$  — коэффициент вытеснения (или вымыва) солей на  $1\text{ м}^3$  воды, зависит от физических свойств почвы, глубины залегания грунтовых вод, количества и вида солей.

Движение влаги и растворов солей в почве — сложный физико-химический процесс. Экспериментальные исследования показывают, что при однократной смене почвенного раствора количество вынесенных солей всегда меньше 100 % их первоначального содержания. Вынос солей зависит от механического состава и водно-физических свойств почвы. Так, в песках при промывке вымывается до 90 % солей, в пылеватых суглинках — до 80, а в агрегированных суглинистых грунтах — до 60 %.

В песках солевой раствор находится в основном в сквозных порах и вытесняется нисходящими токами промывной воды. В слабоводопроницаемых суглинистых грунтах процесс вымывания солей идет медленнее и обуславливается в значительной степени процессами диффузии и обмена.

Промывная норма нетто ( $m^3/\text{га}$ ) с учетом диффузии (по данным И. П. Айдарова, А. И. Голованова, М. Г. Мамаева):

$$N = 10\,000m (h + 2A\sqrt{\lambda mh}),$$

где  $h$  — расчетный слой опреснения, м;  $m$  — пористость в слое  $h$ , доли объема;  $\lambda$  — коэффициент гидродинамической дисперсии, м;  $A$  — коэффициент, зависящий от требуемой степени опреснения почвогрунта  $\bar{C}$ ,  $\bar{C} = S_2/S_1$ ;  $S_1$  и  $S_2$  — исходное и допустимое в конце промывки содержание солей в метровом слое почвы, % массы.

Значение  $A$  можно принять по следующим данным:

$\bar{C}$	0	0,001	0,005	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14
$A$	$\infty$	2,19	1,82	1,65	1,45	1,24	1,10	0,99	0,83	0,76
$\bar{C}$	0,16	0,18	1,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
$A$	0,70	0,65	0,60	0,48	0,37	0,27	0,18	0,09	0	

Коэффициент гидродинамической дисперсии  $\lambda$  по иону хлора для почв различного механического состава определяют в зависимости от содержания в почве частиц диаметром меньше 0,01 мм:

Содержание частиц $d < 0,01$ мм, % $\lambda$ , м	$\leq 10$	10...20
	0,01...0,05	0,05...0,10

Продолжение.

Содержание частиц $d < 0,01$ мм, % $\lambda$ , м	20...40	40...60	60...80
	0,10...0,20	0,20...0,50	0,5...1,0

Промывные поливы хорошо рассоляют солончаковые почвы, характеризующиеся высоким содержанием в почвенном растворе водорастворимых солей (хлориды и карбонаты) и малым — натрия.

Для рассоления солонцов, характеризующихся высоким содержанием (более 10 % общей емкости поглощения) в почвенном поглощающем комплексе натрия, необходимо промывку проводить в сочетании с гипсованием. При гипсовании в условиях хорошего увлажнения в почве идет реакция вытеснения натрия кальцием, образуется сернокислый натрий, растворяющийся в воде. Его удаляют из почвы последующей промывкой.

Дозы внесения гипса определяют по содержанию поглощенности натрия, и практически они составляют 3...20 т/га. Большие дозы вносят долями в течение двух-трех лет.

После гипсования и промывки солонцов в целях улучшения их физических свойств и окультуривания проводят глубокую вспашку, вносят органические удобрения, высевают культуры с мощной корневой системой. Особое внимание уделяют восстановлению комковатой структуры почвы.

## Глава 9. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

### § 64. Задачи эксплуатации оросительных систем

Правильное освоение орошаемых земель и хорошо налаженная служба эксплуатации оросительных систем — необходимые условия получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Эксплуатация оросительной системы включает: осуществление планового водопользования в системе и в орошаемых хозяйствах; поддержание в исправности всех элементов системы; организацию работы их в соответствии с плановыми хозяйственными заданиями и теми условиями (климатические, гидрогеологические и др.), в которых система работает; реконструкцию систем на базе внедрения новой техники и технологии; контроль за экономным использованием водных и земельных ресурсов; улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель и др.

Оросительные системы эксплуатируют специальные организации: управления оросительных систем (УОС), управления каналов, управления гидротехнических узлов, водохранилищ и др. Различают следующие службы эксплуатации: внутрихозяйственную, обслуживающую оросительную сеть и поливную технику внутри хозяйств-водопользователей; межхозяйственную, в ведении которой находится межхозяйственная оросительная

сеть; бассейновую, распределяющую воду из источника орошения между системами.

В зависимости от площади обслуживания оросительные системы подразделяют на 5 классов: высший — площадью более 50 тыс. га; I — 50...26; II — 25...11; III — 10...6; IV — 5...1; V — менее 1 тыс. га. По классу устанавливают структуру эксплуатационных управлений и нормы эксплуатационного оснащения (аппаратура диспетчерского контроля, посты учета воды, водомерные сооружения, скважины для наблюдения за уровнями грунтовых вод, здания и различные вспомогательные постройки, дороги, транспорт, инструменты и др.).

Внутрихозяйственную эксплуатацию оросительных систем следует осуществлять в тесном взаимодействии с агрономической службой хозяйств.

Внутрихозяйственная служба эксплуатации занимается: составлением и осуществлением планов водопользования, контролем хода полива, нарезкой временной оросительной сети, планировкой полей, подготовкой поливной техники и поливальщиков, поддержанием в рабочем состоянии оросительной сети и сооружений, их своевременным ремонтом, очисткой каналов от наносов и зарастания, поддержанием в исправном состоянии эксплуатационного оснащения, проведением работ по лесонасаждению, борьбой с засолением и заболачиванием земель и др.

Эксплуатационные управления разделены на 5 групп, в зависимости от обслуживаемой площади, объема водохранилищ, пропускной способности каналов и других показателей. В соответствии с группой определяют численность административно-управленческого персонала.

Обслуживаемая управлением орошаемая площадь поделена на эксплуатационные участки, которые выполняют все виды ремонтно-эксплуатационных работ. Численность руководящих, инженерно-технических работников, служащих и линейного персонала для эксплуатационных участков определяют в соответствии с нормативами.

## § 65. Водопользование на оросительных системах

Высокая эффективность орошения и использования орошаемых земель достигается только на основе планового водопользования, то есть проведения поливов в оптимальные агротехнические сроки правильно рассчитанными нормами в пределах всей территории оросительной системы.

Под водопользованием понимают организацию и выполнение всех видов работ по управлению водой на оросительной системе: забор из источника орошения, транспортирование и

распределение воды между хозяйствами-водопользователями.

Водопользование — основная и сложная задача в совокупности работ по технической эксплуатации оросительных систем. Крупные оросительные системы обычно обслуживают большие площади, и многие хозяйства-водопользователи удалены от источника орошения на значительное расстояние. Так, расстояние между конечной точкой Северо-Крымского магистрального оросительного канала (Крымская область) и головным водозабором на Каховском водохранилище составляет 402 км.

При сильной разбросанности хозяйств-водопользователей воду на большинстве крупных межхозяйственных и внутрихозяйственных оросительных систем забирают непрерывно и сосредоточенно. Расход воды в головной части оросительной системы зависит от площади подкомандных орошаемых земель, состава культур и технического состояния каналов. Так, головной водозабор Северо-Крымского канала рассчитан на расход 380 м<sup>3</sup>/с, Донского магистрального канала в Ростовской области — 250, Большого Ферганского канала в Узбекской ССР — 175 м<sup>3</sup>/га. Вниз по течению от магистрального оросительного канала отходит большое число мелких каналов с меньшими расходами воды.

Управление водой на оросительных системах с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и повышения плодородия орошаемых земель в нашей стране осуществляют на основе планового водопользования. Оно заключается в определении количества забираемой воды из источника орошения и в распределении ее между хозяйствами-водопользователями по заранее составленному плану. В плане водопользования объем воды в голове магистрального оросительного канала находят по данным учета потребности каждого хозяйства-водопользователя (колхоза или совхоза), обслуживаемого данной оросительной системой. В результате планирования составляют план водопользования, который затем принимают за основу деятельности всей оросительной системы, отдельных ее частей и элементов.

Планы водопользования разрабатывают ежегодно для каждой оросительной системы и осуществляют в комплексе с другими эксплуатационными мероприятиями. Управление водой, поддержание в хорошем техническом состоянии элементов оросительной системы (каналы, трубопроводы, сооружения) и выполнение других водохозяйственных работ — единый органически связанный технологический процесс.

## § 66. Внутрихозяйственные и системные планы водопользования

Составная часть производственных планов хозяйств, отделений, производственных участков и бригад — внутрихозяйственные планы водопользования. Их разрабатывают агрономы и гидротехники хозяйств с помощью службы эксплуатации оросительных систем. Внутрихозяйственные планы водопользования предусматривают: своевременную подачу воды на орошение, правильную организацию труда на орошаемых полях; мероприятия по экономии поливной воды. Для их составления необходимо иметь следующие данные:

- планируемые площади посева сельскохозяйственных культур на орошаемых землях;

- план орошаемой площади хозяйства с указанием земельных угодий, полей севооборота, каналов, трубопроводов, сооружений на оросительной сети;

- характеристику каналов — поперечное сечение, уклон дна, пропускную способность, потери воды на фильтрацию и КПД; данные по режиму источника орошения;

- режимы орошения сельскохозяйственных культур (сроки и нормы полива) и способы полива;

- показатели агротехники сельскохозяйственных культур на орошаемых землях.

Разработку плана водопользования начинают с размещения сельскохозяйственных культур на орошаемых полях хозяйства. Принятую схему размещения культур наносят на план орошаемых земель хозяйства. С учетом опыта орошения в хозяйстве и рекомендаций научных учреждений устанавливают нормы и сроки полива. По этим данным определяют расходы воды, потребные для орошения. Далее составляют график проведения полива в бригаде, на производственном участке, находят необходимое число поливальщиков для выполнения поливов, машин и механизмов для обработки почвы после полива.

Потребное количество воды на орошение определяется числом поливов, поливными нормами, сроками полива сельскохозяйственных культур и продолжительностью полива в течение суток. Поливать рекомендуется круглосуточно (24 ч). Однако на небольших участках (при орошении на местном стоке) при сложных условиях рельефа продолжительность полива снижают до 12...18 ч в сутки. Потери воды из оросительных каналов и расчетные значения их КПД устанавливают по фактическим замерам расходов.

На практике часто бывает, что сроки поливов нескольких культур совпадают и потребные расходы равны сумме расходов

воды для всех культур. Тогда проводят увязку полива с таким расчетом, чтобы сроки поливов различных культур не совпадали, так как производительность поливных и дождевальных установок не всегда может обеспечить полив нескольких культур одновременно. В таких случаях устанавливают очередность поливов, сроки поливов на 1...3 сут передвигают, на политых площадях пропашных культур (спустя 1, 2 сут) междурядья обрабатывают машинами. Воду, подаваемую на орошаемые поля хозяйства, делят на поливные токи, которые могут обеспечить полив участка площадью 8...16 га за одни сутки. На поля площадью 150...200 га воду в период вегетации подают непрерывно одним-двумя поливными токами.

Планы водопользования в хозяйствах составляют по участкам площадью 200...400 га (водопользовательские единицы), с учетом согласования поливов и обработок культур по участкам. Суммарный план водопользования по участкам представляет собой план водопользования всего хозяйства.

По внутрихозяйственным планам водопользования служба эксплуатации (УОС) составляет системные планы водораспределения. Служба УОС осуществляет контроль за распределением воды по каналам до точек выдела воды в хозяйства.

В системных планах водопользования предусматривают: увязку расчетных потребных расходов воды на орошение в точках выдела хозяйств-водопользователей с режимом источника орошения;

согласование расчетных потребных расходов воды в точках выдела в период максимального водопотребления с пропускной способностью каналов и сооружений оросительной системы;

сопоставление расчетных расходов потребления воды в точках выдела с допустимыми, которые определяются мелиоративным состоянием земель, во избежание избыточного забора воды из каналов и ухудшения мелиоративного состояния земель (подъем грунтовых вод, засоление почвы и др.).

При распределении воды на системах устанавливают лимиты забора воды из источника и подачи воды в точки выдела по периодам вегетации в характерные по водообеспеченности годы. Поэтому водопользование на системах планируют в пределах установленных лимитов, зависящих от водоносности источника орошения, пропускной способности каналов, сооружений и мелиоративного состояния земель. Планы водопользования разрабатывают на календарный год.

Водопользование на оросительных системах ведут по принципу диспетчеризации как основы централизованного руководства оперативной деятельностью по распределению воды между пользователями. Диспетчерские графики составляют в феврале —

марте по декадам на весь оросительный сезон. Графики корректируют в начале каждой декады оросительного сезона. При этом учитывают фактические расходы источника орошения, метеорологические условия, мелиоративное состояние земель (глубину залегания уровня грунтовых вод, степень засоления земель), хозяйственные условия, ход сельскохозяйственных работ по обработке почв и уходу за орошаемыми культурами.

В нашей стране действуют Основы водного законодательства. Все воды, поверхностные и подземные, являются государственной собственностью, и использование воды поверхностных и подземных источников определяется только задачами народнохозяйственного плана. Каждый водопользователь может забирать воду согласно плану, в котором установлены ежегодные нормы и сроки ее расходования. Ответственность за организацию водораспределения на оросительных системах возложена на службу УОС.

## **§ 67. Учет воды на орошаемых землях**

Одно из важнейших эксплуатационных мероприятий на оросительных системах — учет воды при ее распределении по каналам и полям во время поливов. Систематический учет воды во всех звеньях оросительной системы (от головного сооружения до внутрихозяйственных каналов) позволяет осуществлять постоянный контроль за фактическим выполнением плана водопользования, поливными нормами, качеством полива. Это, в свою очередь, создает условия для лучшей организации работ на орошаемых землях.

Гидрометрические наблюдения на оросительной системе ведет гидрометрическая служба, состоящая из техников-гидрометров, наблюдателей и регулировщиков. Работники гидрометрической службы учитывают расходы воды, обрабатывают материалы наблюдений, составляют оперативные сводки по гидрометрическим постам, инвентарно-технические ведомости, отчеты. Результаты наблюдений по измерению расходов воды заносят в гидрометрические журналы по установленной форме. К основным документам гидрометрической службы относятся: полевой журнал, в который вносят результаты наблюдений; бланки измерений и подсчета суммарных объемов и суточных расходов воды; балансовая ведомость по расходованию воды хозяйствами-водопользователями, участками и системой; ведомость КПД оросительной сети; ведомость наблюдений за источниками орошения.

На оросительных системах в зависимости от назначения оборудуют несколько видов гидрометрических постов:

опорные водомерные на источнике орошения (у головного водозабора системы) для учета воды;

головные (в голове магистральных каналов) для учета забираемой воды из источника орошения;

водомерные оперативного учета на узлах распределения воды, в начале каналов, забирающих воду из магистрального канала, и в точках выдела в хозяйства-водопользователи для учета забираемой ими воды;

сбросные водомерные на сбросных каналах и коллекторах для учета расходов сбросных и возвратных вод;

балансовые водомерные на границах балансовых участков каналов, на коллекторах, водосборах для учета баланса водных ресурсов и потерь воды в оросительной сети;

специальные водомерные для проведения научно-исследовательских или изыскательных работ.

Учет воды на оросительных каналах проводят в русле канала по водомерным постам, на гидротехнических сооружениях и на специально установленных водомерных сооружениях.

При измерении расхода воды в русле канала оборудуют водомерный, преимущественно речный, пост. Место для створа выбирают в устойчивой или облицованной части канала. Русло канала не должно подвергаться заилению или размыву, движение воды должно быть равномерным. Водный поток не должен иметь ни спада, ни подпора от нижерасположенного сооружения. Глубину воды определяют по рейке, прикрепленной к свае или к стенке сооружения.

Русло канала тарируют. По нескольким вертикалям гидрометрической вертушкой измеряют скорости течения воды. При ширине канала до 5 м берут 3, 4 вертикали, 6...20 м — 5, 6, более 20 м — 7, 8. На каждой вертикали в зависимости от глубины воды замеряют скорости в 1...3 точках. При трех точках скорости определяют на глубине 0,2, 0,6 и 0,8 глубины канала от поверхности, при двух — 0,2 и 0,8, при одной — 0,6.

Среднюю скорость течения воды на вертикали находят по следующим формулам:

$$\text{при трех точках } v_{\text{ср}} = (v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8}) / 4;$$

$$\text{при двух точках } v_{\text{ср}} = (v_{0,2} + v_{0,8}) / 2;$$

$$\text{при одной точке } v_{\text{ср}} = v_{0,6}.$$

В соответствии с расположением скоростных вертикалей живое сечение канала разбивают на элементарные площадки (треугольники, прямоугольники, трапеции) и по каждой из них определяют расходы. Общий расход канала будет равен сумме частных элементарных расходов.

Часто на таких водомерных постах с помощью специальных самописцев или лимниграфов ведут непрерывную запись уров-

ней воды в створе. По кривой записей этих приборов устанавливают глубину воды, а по глубине воды в канале — расход воды в любой момент измерений.

Самописцы состоят из трех основных частей: барабана, вращающегося с помощью часового механизма, поплавка и пера с передаточным устройством. При изменении уровня воды в канале поплавков перемещается по вертикали и передает это перемещение перу самописца. Перо вычерчивает кривую изменения уровня воды на ленте барабана в определенном масштабе. По горизонтали шкалы отмеряется время, а по вертикали — уровни воды. Например, самописец «Валдай» (рис. 76) регистрирует изменение уровня до 6 м в масштабе 1:1, 1:2, 1:10; скорость движения ленты — 12 и 24 мм/ч.

Временная оросительная сеть является связующим звеном между постоянными водоподводящими каналами и орошаемым полем. Поэтому крайне важно точно осуществлять учет воды, подаваемой на поля. Измерения расходов воды во временной оросительной сети позволяют более точно определять поливные нормы, коэффициент использования воды и, следовательно, контролировать качество полива.

Временные оросители работают периодически, поэтому водомерные устройства на них не оборудуют стационарными устройствами; для учета воды применяют переносные водоизмерительные сооружения. Широко используют в этих целях сифонный переносной водомер, который одновременно служит и водовыпуском. Сифонные водомеры изготавливают из металла или пластмассы.

Расход воды через сифон ( $m^3/c$ ):

$$Q = \mu \omega \sqrt{2qZ},$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода, равный для металлических сифонов 0,8, для пластмассовых — 0,85;  $\omega$  — площадь сечения трубы;  $m^2$ ;  $Z$  — разность уровней воды перед входом в сифон и при выходе из него, м.

В местах забора воды из участкового оросительного канала во временный применяют сифоны диаметром 200...250 мм с расходом 30...130 л/с; изменение разности уровней  $Z=5...50$  см. Они заряжаются при непосредственном заполнении водой или с помощью вакуумного насоса.

Сифонные водомеры малых размеров используют для учета воды, поступающей из временных оросителей или выводных борозд в поливные борозды или полосы напуска. Расходы воды вычисляют по вышеприведенной формуле. Значение коэффициента расхода при этом берут для металлических сифонов 0,55, для пластмассовых — 0,65. Если на входной части сифона имеется раструб, то коэффициенты расхода увеличивают соответственно до 0,69 и 0,75.

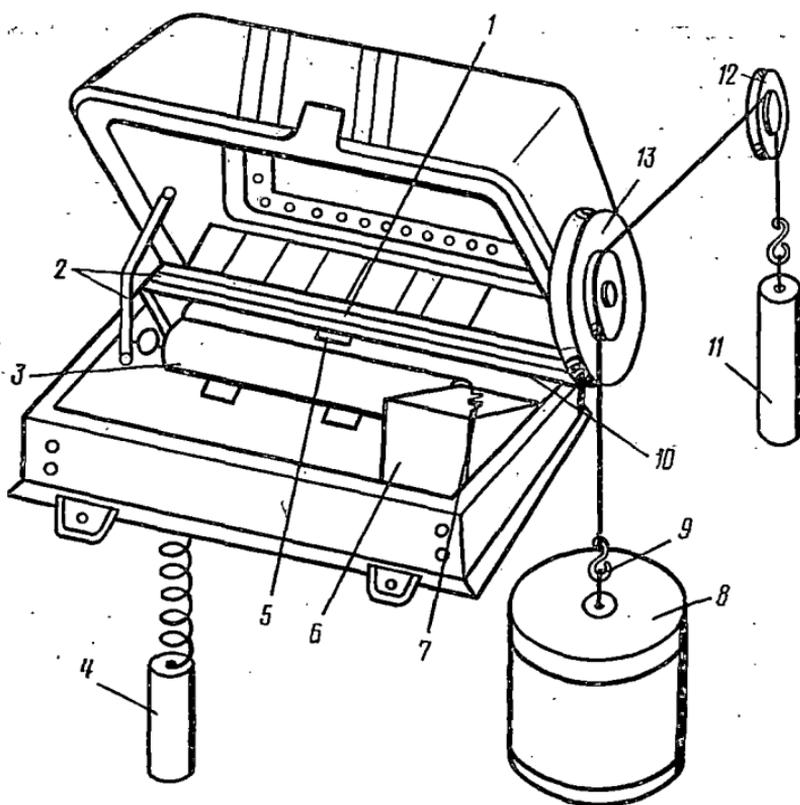


Рис. 76. Схема самописца уровней «Валдай»:

1 — каретка; 2 — направляющие стержни; 3 — барабан; 4 — гиря; 5 — пишущее перо; 6 — влагоне пропускающий кожух; 7 — барабанчик; 8 — поплавок; 9 — зажим; 10 — струна; 11 — груз-противовес; 12 — отводной ролик; 13 — поплавок колесо.

Для учета воды на временных оросителях и выводных бороздах широко применяют трапециевидный водослив-водомер (рис. 77, а). Внешние размеры его определяются размерами канала. Щит должен врезаться в откосы и дно канала не менее чем на 0,2...0,3 м. Порог водослива и откосы выреза обивают железом толщиной 1...2 мм так, чтобы вода переливалась через тонкую стенку металлической обшивки. Наиболее точные показания водослив дает при напоре на его пороге (слой воды, переливающейся через порог) не более  $\frac{1}{3}$  ширины порога. Ширина порога зависит от пропускаемого расхода воды. Порог должен находиться строго в горизонтальном положении, поэтому водослив устанавливают по уровню. Чтобы не было подтопления с нижней стороны канала, порог делают выше уровня воды в канале на 3...5 см. Откосы боковых граней выреза принимают 1:1/4. Вода к водомеру должна подходить со скоростью не более

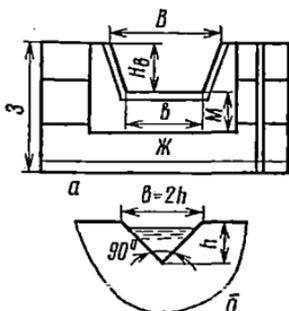


Рис. 77. Схемы водосливов-водомеров:

а — трапецеидального; б — треугольного.

0,15 м/с. Для этого подводящую часть канала несколько расширяют, чтобы создать перед водосливом небольшой бассейн. Водослив устанавливают под прямым углом к оси канала, а оси их должны совмещаться. Дно и откосы канала с низовой стороны укрепляют дерном, камнем или хворостом.

Основные стандартные размеры трапецеидального водослива-водомера при различной ширине порога приведены в таблице 28.

Расход воды, проходящей через водослив, вычисляют по глубине слоя (напора) воды, переливающейся через его порог. Для определения этого напора в канале перед водосливом устанавли-

вают рейку с делениями. Нуль рейки должен находиться на уровне порога водослива. Канал перед водосливом наполняют водой до порога. По уровню воды проверяют также положение ранее установленных реек. Рейку удобно прибивать непосредственно к щиту верхней стороны, но при этом надо стремиться, чтобы она как можно дальше была удалена от выреза водослива.

Расход воды через трапецеидальный водослив-водомер:

$$Q = 1,86bH\sqrt{H},$$

где  $b$  — ширина порога водослива, м;  $H$  — напор воды на пороге водослива, м.

Для учета воды на мелкой оросительной сети и стока воды на малых водосборах применяют треугольный водослив (рис. 77, б). Угол треугольного выреза равен  $90^\circ$ . Края выреза обивают железом толщиной 1...2 мм. Внешние размеры так же, как и в трапецеидальном водосливе, увязывают с размерами канала.

## 28. Стандартные размеры (см) трапецеидального водослива-водомера (см. рис. 77, а)

Ширина порога водослива $b$	$B$	$H_b$	$K$	$З$	$Ж$	$М$
20	26	12	32	40	100	12
50	61	22	71	55	120	12
100	120	40	130	80	190	15
120	146	50	156	90	200	15

Расход воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), проходящей через водослив, вычисляют по напору переливающейся воды:

$$Q = 1,4H^{2,5},$$

где  $H$  — напор воды на водосливе, м.

Напор определяют по рейке, установленной в канале перед водосливом или на щите водослива. Нуль рейки должен находиться на уровне вершины треугольного выреза.

Расходы воды, подсчитанные по приведенной формуле, для различных значений напора на треугольном водосливе-водомере приведены в таблице 29.

## 29. Расходы воды для различных значений напора на треугольном водосливе-водомере

Напор на водосливе, см	Расход через водослив, л/с	Напор на водосливе, см	Расход через водослив, л/с	Напор на водосливе, см	Расход через водослив, л/с
3	0,23	12	7,14	30	68,67
4	0,47	14	10,45	35	100,4
5	0,81	15	12,40	40	139,9
6	1,29	16	14,54	45	186,9
7	1,88	18	19,43	50	242,7
8	2,62	20	25,29	55	306,0
9	3,50	25	43,82	60	380,1
10	4,55	27,5	55,36	65	463,2

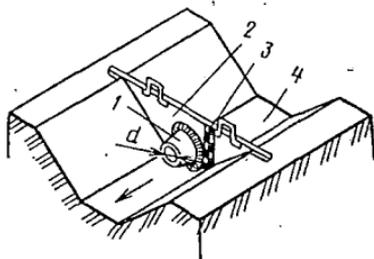
Для учета воды во временной оросительной сети применяют также и водомерный насадок (рис. 78), который вставляют в деревянный или металлический щит с квадратным, прямоугольным или круглым вырезом. Для круглого сечения насадка диаметр входного отверстия  $D = 1,35d$  (где  $d$  — диаметр выходного сечения,  $l = D$ ). При работе водомера-насадка выходное сечение должно быть под водой, а пропускная способность его должна быть равна расходу канала. Уровень воды измеряют двумя рейками, расположенными по обе стороны щита.

Расход воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), проходящий через водомер-насадок:

$$Q = \omega C \sqrt{Z},$$

Рис. 78. Схема водомерного насадка:

1 — насадок круглого сечения; 2 — щит; 3 — водомерные рейки; 4 — ороситель.



где  $\omega$  — площадь выходного сечения насадка,  $\text{м}^2$ ;  $C$  — коэффициент расхода, определяемый тарировкой, для больших насадков.  $C=4,1$ ;  $Z$  — разность уровней воды перед насадком и за ним, м.

Расходы воды переносных водомеров-насадков можно определить и по таблице 30.

### 30. Расходы воды (л/с) переносных водомеров-насадков

Разность уровней воды, см	Диаметр выходного отверстия, см			
	10	15	20	25
2	4,7	10,5	18,6	29,1
3	5,7	12,8	22,8	35,7
4	6,6	14,9	26,4	41,3
5	7,4	16,6	29,6	42,2
8	9,3	21,0	37,4	58,3
10	10,5	23,5	41,7	65,1
15	12,8	28,8	51,1	80,0
20	14,8	33,3	59,0	92,5
25	16,5	37,2	66,0	103,0
30	18,1	40,6	72,0	113,0

Для выбранного диаметра водомера-насадка строят также график зависимости расходов от разности уровней воды; по графику находят расход воды для любых разностей напоров.

Ошибки при измерении расходов водомерами-насадками достигают  $\pm 3\%$ .

Расходы воды в канале находят и по поверхностной скорости движения воды. Для этого выбирают прямолинейный участок канала, не имеющий подпора со стороны сооружений, длиной 20...30 м с равномерным течением воды. В начале и конце участка ставят вешки, обозначающие верхний и нижний створы канала по течению воды. В середине участка намечают третий створ, в котором промерами рейкой устанавливают площадь живого сечения потока воды. Для измерения скорости потока пускают несколько поплавков выше верхнего створа. По секундомеру определяют время прохождения поплавком расстояния от верхнего до нижнего створа. Делением пути движения поплавка на время его прохождения вычисляют поверхностную скорость течения потока воды. Измерение повторяют несколько (5...7) раз и берут среднее арифметическое значение скорости движения поплавков. Среднюю скорость получают умножением поверхностной скорости на поправочный коэффициент:  $v_{\text{ср}} = K v_{\text{пов}}$ . Значение поправочного коэффициента изменяется от 0,85 до 0,9. Расход воды в канале  $Q = v_{\text{ср}} \omega$ , где  $\omega$  — живое сечение канала.

## § 68. Водомерные сооружения

Водомерные сооружения подразделяют на регулируемые (водомеры-регуляторы) и нерегулируемые. Водомеры-регуляторы имеют устройства, позволяющие измерять и одновременно регулировать расходы воды. К нерегулирующим водомерам относятся водосливы различных типов, лотки, насадки, отверстия, которые применяют только для учета воды, поливных норм и тарирования сооружений.

Водомеры-регуляторы устанавливают на узлах распределения воды, водовыделах в хозяйствах и на постоянных внутрихозяйственных каналах, лотках и трубопроводах.

Схема трубчатого водомера-регулятора со сходящимся насадком (конструкции М. В. Бутырина) приведена на рисунке 79. Он может быть одночковым (измеряет расход воды до  $1,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ) и двухчковым (до  $2,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ) и состоит из входного оголовка с ныряющими стенками и щитовым устройством, трубы и водомерного конически сходящегося насадка. Для установки прибора и рек устраивают колодец. Трубы и насадки могут быть круглого или прямоугольного сечения. В первом случае выходной диаметр насадка равен  $d=0,74D$ , а длина  $l=D$  (где  $D$  — диаметр трубы). Труба прямоугольного сечения имеет ширину  $B$  в 2 раза больше высоты  $A$ ). Высота выходного сечения насадка равна  $\frac{2}{3}A$ , ширина —  $\frac{4}{3}A$ , или  $\frac{2}{3}B$ , длина —  $l=B$ . Насадок является водомерной частью регулятора, при его работе создается перепад давлений воды  $Z$ , равный разности уровня в трубе перед насадком и уровня воды в нижнем бьефе, при выходе воды из сооружения. От разности напоров зависит расход воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ):

$$Q = k\omega\sqrt{Z},$$

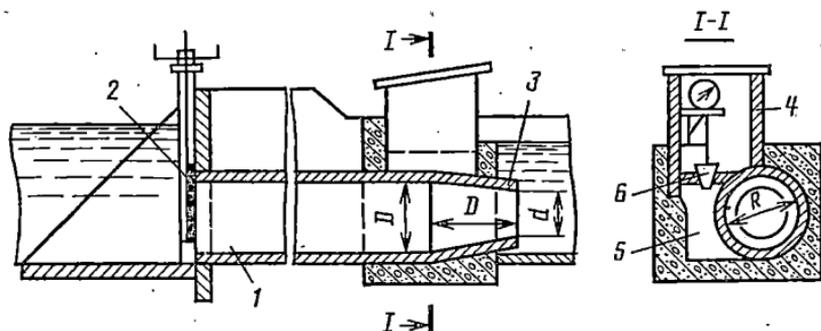


Рис. 79. Схема трубчатого водомера-регулятора с насадком конструкции М. В. Бутырина:

1 — труба водовыпуска; 2 — щитовое устройство; 3 — водомерный насадок; 4, 5 — верхняя и нижняя камеры колодца с прибором ДРС; 6 — патрубок с поршнем.

где  $k$  — общий коэффициент водомера;  $\omega$  — площадь выходного отверстия насадка,  $\text{м}^2$ ;  $Z$  — разность уровней воды в трубе перед насадком и в нижнем бьефе,  $\text{м}$ .

Расходы воды для трубчатого водомера-регулятора при разных насадках круглого сечения стандартных диаметров железобетонных труб приведены в таблице 31. При учете воды трубчатым водомером-регулятором обычно используют график зависимости расхода  $Q$  от  $Z$ , составленный по данным этой таблицы.

### 31. Размеры и пропускная способность водомерных насадков трубчатых водомеров-регуляторов

Размер насадков, см			Пропускная способность (л/с) при $Z$ , см			
$D$	$d$	$l$	6	8	10	12
30	22,2	30	41,5	48,0	53,2	58,7
40	29,6	40	83,8	96,7	108,0	118,4
50	37,0	50	131,0	151,5	169,0	185,0
60	44,4	60	188,0	217,0	243,0	266,0
70	51,8	70	257,0	297,0	332,0	364,0
80	59,2	80	336,0	388,0	433,0	475,0
90	66,6	90	426,0	492,0	550,0	602,0
100	74,0	100	525,0	606,0	676,0	742,0

*Продолжение табл. 31*

Размер насадков, см			Пропускная способность (л/с) при $Z$ , см				
$D$	$d$	$l$	14	16	20	25	30
30	22,2	30	63,5	67,8	75,7	84,7	92,8
40	29,6	40	128,0	137,0	153,0	171,0	187,3
50	37,0	50	200,0	214,0	239,0	267,0	239,0
60	44,4	60	287,0	307,0	343,0	384,0	420,0
70	51,8	70	393,0	420,0	470,0	525,0	575,0
80	59,2	80	512,0	548,0	612,0	685,0	750,0
90	66,6	90	650,0	695,0	778,0	870,0	953,0
100	74,0	100	800,0	856,0	956,0	1070,0	1172,0

Часто водомер-регулятор оборудуют расходоуказателем или счетчиком стока. Для этого камеру-колодец делят горизонтальной перегородкой на две части — верхнюю и нижнюю. Верхняя часть соединена с трубой, нижняя — с нижним бьефом. В горизонтальной перегородке, разделяющей колодец на две части, сделано отверстие, в которое вставляют чувствительный элемент, воспринимающий разность давлений динамического расходоуказателя ДРС-60 или роторного счетчика стока СВН и диафрагмового водомера системы К. С. Глубшева.

Водомер-автомат ВДГ-58 (рис. 80) имеет счетный механизм, который показывает непрерывно секундные расходы ( $\text{м}^3$ ) и

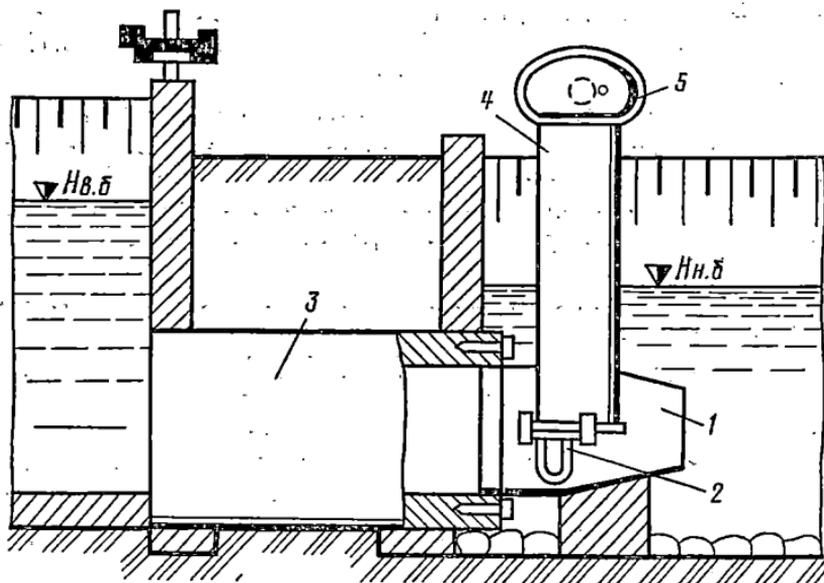


Рис. 80. Схема водомера ВДГ-58 на трубчатом водовыпуске:

1 — насадок; 2 — патрубок; 3 — водовыпуск; 4 — пьезометрические трубки; 5 — головка водомера.

суммарный объем воды (тыс. м<sup>3</sup>). Диаметр входного отверстия насадка водомера 7...222 мм. Расход воды (м<sup>3</sup>/с):

$$Q = 3,9d^2\sqrt{Z},$$

где  $d$  — диаметр трубы, м;  $Z$  — разность уровней воды бьефов, м.

Водомеры-автоматы устанавливают на сооружениях типа конического насадка, работающего в комплексе с трубопроводом, и непосредственно в русле канала — в подпорной стенке.

Специальными водомерами, например ДА-95, снабжают также дождевальные машины. В основу конструкции ДА-95 положена прямо пропорциональная зависимость расхода от скорости движения воды во всасывающем трубопроводе дождевальной машины. Водомер состоит из крыльчатки, расположенной на одном конце вала, и счетного механизма — на другом его конце. Счетный механизм показывает скорость вращения крыльчатки и одновременно учитывает с нарастающим итогом число ее оборотов. Он представляет собой автомобильный спидометр, у которого вместо шкалы скорости установлена шкала расходов воды с градуировкой л/с и м<sup>3</sup>/ч. Счетчик пройденного пути показывает поданный суммарный объем воды. Для предохранения от постоянного влияния и возможности повреждений счетный механизм размещают под металлическим колпаком. В торце механизма имеется смотровое окно для взятия отсчетов по счёт-

чику прибора. Водомер устанавливают на всасывающей трубе насоса, где меньше динамические нагрузки. Это повышает надежность и продолжительность его работы.

При определении объема воды, поданного насосом дождевальной машины за какое-то время, берут показания счетного барабана в конце работы и из них вычитают показания счетчика в начале работы. Полученную разность отсчетов умножают на 11,34 (цена одного деления шкалы счетчика).

Погрешность показаний секундного расхода водомера ДА-95 не превышает 3,5 %. Погрешность измерения суммарного объема воды за время работы дождевальной машины при расходах 100...120 л/с составляет не более 5 %, при расходе 50 л/с — 15 %. Поэтому водомер ДА-95 целесообразно применять на дождевальных машинах с расходом более 90 л/с.

## **§ 69. Ремонтные работы. Обновление и реконструкция систем**

Надежная и долговечная работа оросительных систем возможна только при своевременном проведении ремонтных работ. Ремонт бывает текущий, капитальный и аварийный.

При текущем ремонте устраняют небольшие повреждения гидротехнических сооружений, очищают каналы от наносов, исправляют их дно, откосы, покрытия и др. Разновидность текущего ремонта — профилактический, то есть систематический повседневный уход за сооружениями и оборудованием для обеспечения их нормального функционирования.

Капитальный ремонт выполняют в тех случаях, когда текущие ремонты не могут обеспечить нормальную эксплуатацию системы. При капитальном ремонте осуществляют полную или частичную замену конструкций, сооружений новыми, более совершенными, убирают крупные оползни на каналах, устраняют другие серьезные повреждения.

При аварийном ремонте ликвидируют аварийное состояние сооружений, конструкций, устраняют последствия самих аварий.

Составы, объемы и сроки ремонтных работ устанавливают специальные комиссии и обосновывают техническими документами, дефектными ведомостями. Осмотры и обмеры сооружений выполняют ежегодно после окончания вегетационного периода. Для проведения капитального ремонта разрабатывают специальные проекты на основании предварительных изысканий и данных эксплуатационной службы.

Оросительные системы рассчитаны на длительный срок службы, в течение которого, естественно, выявляются положительные и отрицательные стороны их работы, возникает потребность

в совершенствовании, переустройстве и дооборудовании систем на основе современных достижений мелиоративной науки и практики.

В зависимости от технического состояния выделяют 4 разряда систем: I — в хорошем состоянии, переустройство и дооборудование не требуется; II — в удовлетворительном состоянии, необходимо частичное дооборудование и переустройство (до 25 % существующей стоимости); III — в состоянии ниже удовлетворительного, требуется дооборудование и переустройство (26...50 % стоимости); IV — в неудовлетворительном состоянии, необходимо значительное переустройство и дооборудование (свыше 50 % существующей стоимости). Техническое состояние систем оценивают при проведении их паспортизации и инвентаризации.

Для каждой оросительной системы разрабатывают перспективный план переустройства и дооборудования. В нем освещают: состав мероприятий по совершенствованию системы с оценкой их эффективности; показатели системы после проведения мероприятий по переустройству и дооборудованию с оценкой эффективности системы после выполнения запланированных мероприятий; очередность и сроки проведения ремонтных работ.

Мероприятия, предусмотренные перспективным планом, должны быть направлены на повышение коэффициентов земельного использования в зоне системы и коэффициентов полезного действия системы (уменьшение фильтрационных потерь воды), улучшение водообеспеченности оросительных систем, мелиоративного состояния земель, эксплуатационного оснащения системы, снижение засоления земель и поступления наносов из водисточника в систему, увеличение посадок деревьев вдоль каналов, дорог, внедрение диспетчеризации и др. Цель их — совершенствование оросительной системы, доведение ее технического состояния до I и II разрядов.

Перспективный план является первичным документом, на основании которого составляют проекты по переустройству и дооборудованию системы. Его ежегодно уточняют и дополняют.

---

### III. Осушительные мелиорации

---

#### Глава 10. ОБРАЗОВАНИЕ БОЛОТ И ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. ТИПЫ ВОДНОГО ПИТАНИЯ

##### § 70. Характеристика болот и переувлажненных земель

Общая площадь заболоченных и избыточно увлажненных земель в нашей стране составляет примерно 235 млн. га, а без болот тундры — 135 млн. га (Скрипчинская, Янголь, 1977).

При осушении и сельскохозяйственном использовании осушенных земель различают такие понятия, как болота, заболоченные и избыточно увлажненные земли.

*Болото* — это участок земли, находящийся постоянно или периодически в состоянии избыточного увлажнения, с ярко выраженным процессом торфообразования и слоем торфа, превышающим 30 см, покрытый специфической влаголюбивой растительностью. Торф образуется в результате отмирания и неполного разложения растений в условиях повышенной влажности и затрудненного доступа воздуха.

*Заболоченными* называют в той или иной степени оторфованные земли, на которых начался процесс торфообразования и слой торфа не превышает 30 см.

*Избыточно увлажненные* земли не имеют на поверхности торфяного слоя. Для них характерен избыток грунтовых, дождевых или талых вод в течение продолжительного периода вегетации сельскохозяйственных культур.

В зависимости от характера заболачивания, водного питания, растительного покрова и свойств торфа болота подразделяют на низинные, верховые и переходные.

*Низинные болота* образуются в пониженных элементах рельефа (в поймах рек, озер и др.), питаются грунтовыми водами, богатыми минеральными солями, осадками и поверхностным стоком. Их растительный покров представлен осоками, тростниками, болотным разнотравьем, зелеными гипновыми мхами и др. На болотах произрастают ольха черная, береза, ива, малина, смородина. Мощность торфяников достигает 10 м. Торф бывает тростниково-осоковый, осоково-вейниковый, осоково-луговой с примесями мха и древесной растительности. Зольность его составляет 15...30 % массы сухого вещества. Реакция слабокислая, нейтральная, иногда слабощелочная,  $pH=6...8$ .

Торфяники низинных болот, богатые зольными элементами, после осушения становятся ценными сельскохозяйственными угодьями. Торф их можно вносить и в качестве органического удобрения на орошаемые участки. Он содержит до 3,5 % азота, 0,5...1,7 % фосфора, 0,1...0,5 % калия.

*Верховые болота* образуются на водоразделах, питаются осадками и талыми водами. Растительность их обычно представлена сфагнумовыми мхами, клюквой, вереском, багульником, голубикой, березой низкой и пушистой, сосной болотной, осокой нитевидной, пушицей. Торф имеет низкую зольность — не более 3...5 % массы сухого вещества, отличается кислой реакцией (рН 3,5...5). Поэтому включенные после осушения в сельскохозяйственный оборот верховые болота нуждаются в органических и минеральных удобрениях. Для снижения кислотности болотные почвы известкуют. Торф верховых болот используют в качестве подстилки для сельскохозяйственных животных и для изготовления торфяных компостов в смеси с навозом и минеральными удобрениями.

*Переходные болота* занимают промежуточное положение между низинными и верховыми.

## § 71. Причины заболачивания

Основная причина избыточного увлажнения почвы — значительные осадки, превышающие расход влаги на суммарное испарение, и отсутствие быстрого отвода воды из почвы. В этих условиях ухудшаются водный, воздушный и тепловой режимы почвы, а это приводит к недостатку кислорода для питания растений и разложению органического вещества.

Чтобы правильно выбрать наиболее эффективный способ осушения болота или заболоченного массива, надо точно установить причину его происхождения или причину заболачивания.

К причинам заболачивания относят: подзолообразовательный процесс; дерновый процесс почвообразования; зарастание водоемов; выход грунтовых вод на поверхность земли; разлив рек или приток воды с вышележащих водосборов.

## § 72. Заболачивание при подзолообразовательном процессе

Подзолообразовательный процесс, по учению В. Р. Вильямса, является следствием жизнедеятельности леса — накопления лесной подстилки, состоящей из отмерших листьев, ветвей, побегов, коры и др.

Зона подзолистых почв характеризуется избыточной переув-

лаженностью. В вегетационный период нисходящие токи воды преобладают здесь над восходящими — испарением. Органическое вещество лесной подстилки накапливает большое количество воды, выпавшей в виде осадков. В лесной подстилке, под пологом леса, в условиях недостатка воздуха и избытка влаги создаются благоприятные условия для развития грибной микрофлоры. Процесс разложения лесной подстилки останавливается в стадии сырого гумуса, при этом образуется активная креновая кислота, которая вместе с водой, просачиваясь вниз через верхние слои почвы, растворяет почти все ее зольные элементы, восстанавливает и растворяет оксиды железа, кальция, алюминия и марганца. В результате из верхних слоев почвы удаляются оксиды железа, марганца и глинистые частицы, обуславливающие связанность почвогрунта. Верхний слой почвы утрачивает агрегатное состояние и превращается в подзол. Во влажном состоянии в подзоле вследствие его бесструктурности воздух совсем отсутствует, и он при намокании приобретает пластичность, а при высыхании легко рассыпается в порошок.

Как во влажном состоянии, так и в сухом подзол непроницаем для воздуха, вследствие чего ниже подзолистого горизонта развивается только анаэробный процесс, при котором соли креновой кислоты разрушаются. Основания, входящие в состав кренатов, выделяются в виде оксидов железа, марганца, алюминия и др.; оксид кальция соединяется с углекислотой почвы. Креновая кислота теряет часть кислорода и превращается в апокреновую кислоту. Соли ее нерастворимы в воде и выпадают в аморфный осадок. Если в рудяковой породе, подстилающей подзолистый слой, преобладают соли углекислой извести, то отлагаются апокренаты кальция, если оксиды железа или марганца и алюминия — апокренаты полуторных оксидов. Когда же в породе преобладают оксиды железа, то скапливаются апокренаты железа, и тогда горизонт, подстилающий подзолистый слой, называется рудяковым, или ортштейновым.

Ортштейновый горизонт непроницаем для воды и корней растений, при анаэробных условиях тверд, как камень, при доступе кислорода разрушается. Вследствие водонепроницаемости он создает условия для накопления воды в верхнем слое почвы.

В ортштейновом горизонте не могут развиваться суходольные луговые травы вследствие бесструктурного состояния верхнего подзолистого слоя и анаэробного процесса, а произрастают осоки. В анаэробных условиях при отмирании растений накапливается органическое вещество, разложение его идет медленно. Осоки начинают страдать от недостатка питания; их сменяют зеленые мхи, которые еще нуждаются в минеральных питательных веществах. Затем, когда минерализация органического вещества пре-

кратится, на поверхности поселяется мох сфагнум. Начинается процесс болотообразования. Нарастание слоя торфа идет интенсивно.

### **§ 73. Заболачивание при дерновом процессе почвообразования**

Естественное изреживание и осветление леса приводят к усиленному росту луговой растительности. На фоне смены леса, по В. Р. Вильямсу, под травянистой растительностью развивается новый процесс, приводящий к замедлению и полному затуханию подзолообразовательного; начинается дерновый процесс почвообразования, его луговая стадия.

Природное лесовозобновление постепенно затухает, наступает господство луга под покровом леса, во время которого молодые поколения леса быстро отмирают и на поверхности луга остаются разрозненные группы деревьев, принадлежащие к более ранним поколениям.

В верхнем слое почвы накапливается органическое вещество за счет отложения отмершей луговой растительности, которая ограничивает доступ кислорода во внутренние слои почвы; влагоемкость этого слоя повышается.

Луговая растительность отмирает в начале зимы, до весны растительные остатки не разлагаются. Ранней весной в почве наступает количественный максимум влажности и, следовательно, минимум аэрации, поэтому в почве может протекать только анаэробный процесс, приводящий к образованию ульминовой кислоты.

Вследствие накопления органического вещества и уплотнения подстилки в почве на смену корневищным злакам приходят рыхлокустовые. Корневая система их проникает глубоко в рудяковый горизонт и постепенно его разрушает. В рыхлокустовую стадию создается комковатая структура почвы. Во время луговой стадии процессы подзолообразования затухают. Идет дальнейшее накопление органического вещества в верхнем слое почвы. Рыхлокустовые злаки вытесняются плотнокустовыми. Фаза плотнокустовых злаков может длиться десятки лет, иногда до 60. Плотнокустовые злаки развивают узел кушения выше поверхности почвы и переносят туда горизонт максимального накопления мертвого органического вещества. Этот горизонт постепенно приобретает свойства чистого органического вещества без примесей минеральных частиц почвы.

Накопление органического вещества в стадии плотнокустовых злаков происходит неравномерно по поверхности. Максимальное отложение наблюдается у основания узла кушения, поверхность

луга принимает кочковатую форму. Наличие кочек и большого количества органического вещества (торфа) на поверхности затрудняет сток и просачивание воды в почву. Вода застаивается на поверхности, пересыщая верхние слои почвы, — начинается болотная стадия почвообразования, которая может длиться десятки лет.

Продолжительность всех фаз дернового периода почвообразовательного процесса зависит от питательного режима почвы, который находится в зависимости от водного режима, а последний — от рельефа местности.

На водоразделе, откуда зольные элементы смываются в нижнюю треть склона, фазы дернового процесса сменяются быстро и устанавливается фаза сфагнового болота.

В нижней трети склона, где материнская порода богата зольными элементами, продолжительность стадий дернового процесса возрастает. Фазы корневищных и рыхлокустовых злаков в нижней части склона более продолжительны.

#### § 74. Образование болот в результате зарастания водоемов

В пониженных элементах рельефа, и главным образом в поймах рек, в результате зарастания водоемов часто образуются болота, для которых характерна большая мощность торфа (до 7 м) в центре и малая по краям.

Зарастанию водоемов и озер со дна и с поверхности способствуют: небольшая глубина, отсутствие проточности и сильных волнений поверхности воды, хорошее прогревание воды в летнее

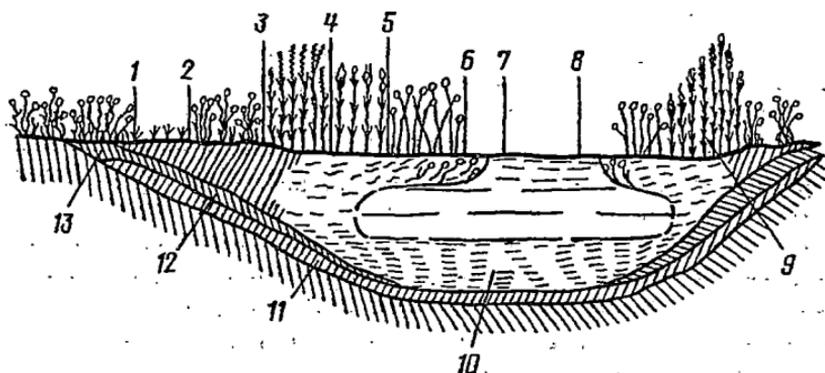


Рис. 81. Схема зарастания водоема. (по В. Р. Вильямсу):

1 — злаки; 2, 3 — мелкие и крупные осоки; 4 — тростники; 5 — рогоза; 6 — камыши; 7 — рдесты и кувшинки; 8 — свободноплавающие водные растения; 9 — камышово-тростниковый торф; 10 — аморфный чериачный торф; 11 — слизистый с раковинами торф; 12 — осоковый торф; 13 — землистый торф.

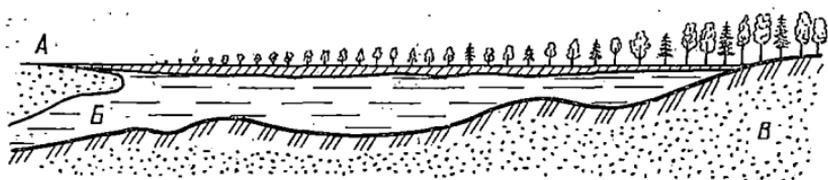


Рис. 82. Разрез зарастающего озера Колпино в Калининской области (по А. Д. Брудастову):

А — плавучий ковер; Б — вода; В — минеральный берег озера.

время, освещение, достаточное содержание минеральных веществ, необходимых для жизни растений. При благоприятном сочетании для растительности этих факторов водоем начинает зарастать от берегов осоками и хвощами, при глубине 1...2 м — тростником, при глубине 2...3 м — камышом и другими влаголюбивыми растениями (рис. 81). Одновременно идет зарастание водоема и со дна при глубинах, обеспечивающих жизнедеятельность растений. Вследствие отложения на дно отмирающих растений, организмов, продуктов микрофлоры и микрофауны (планктона) водоем постепенно мелеет. Отмершие растения вместе с корнями образуют плавучий ковер, мощность и плотность которого постепенно увеличиваются. Плавучий ковер медленно распространяется к середине водоема (рис. 82). В неглубоких местах он ложится на дно, заполняя весь объем водоема органической массой растений. На поверхности такого растительного ковра появляются гипновые мхи, тростники, у берегов водоема — осоки. Постепенно начинает нарастать торф зеленых мхов (гипновый). Прирост сырой массы торфа на таких болотах идет со скоростью 1...3 см в год.

## § 75. Заболачивание земель при выклинивании грунтовых вод

В местах выхода грунтовых вод на поверхность земли могут образоваться болота. Чаще всего это происходит в нижней части склона или в поймах рек.

Грунтовые воды, питающие болото, содержат много солевых элементов и кальция, поэтому здесь бурно растут влаголюбивые растения. В условиях избытка влаги на болоте преобладает анаэробный процесс, сопровождающийся накоплением торфа. Мощность торфа может достигать 5 м. Характер болота зависит от химического состава воды. При обильном снабжении болота минерализованными грунтовыми водами дольше сохраняется его низинный тип. По мере роста в высоту в пределах стадии развития его поверхность может подняться выше капиллярного подня-

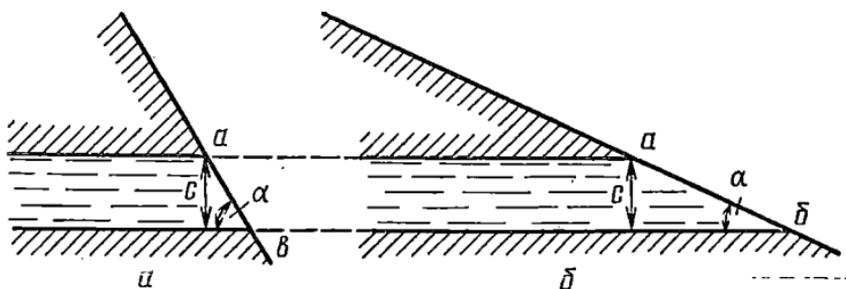


Рис. 83. Схемы выхода грунтовых вод на поверхность земли (по А. Д. Брудастovu):

*a* — на крутом склоне; *б* — широким слоем.

тия воды. В этом случае болото покрывается растительностью сфагновых болот и становится верховым.

Ширина выклинивания грунтовых вод зависит от уклона поверхности склона (рис. 83). При малых уклонах поверхности ширина выклинивания может достигать 1000 м и более. Такие болота часто встречаются в долинах рек и на пологих приречных склонах.

К поймам рек приурочены болота, образовавшиеся в результате просачивания вверх напорных грунтовых вод (рис. 84).

В местах выклинивания напорных грунтовых вод зона питания водоносного слоя находится значительно выше образовавшегося болота (рис. 85). Водоносный слой, подстилаемый водоупором, сверху прикрыт водонепроницаемыми отложениями (суглинистые грунты, суглинки с прослойками песка или торфа). Для

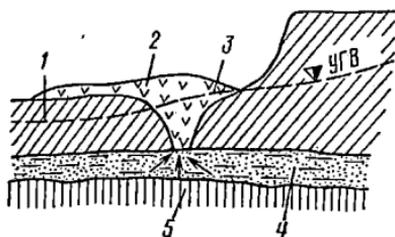


Рис. 84. Разрез болота, образовавшегося в результате выклинивания напорных грунтовых вод: 1 — глина; 2 — торф; 3 — пьезометрический уровень; 4 — водоносный слой; 5 — водоупор.

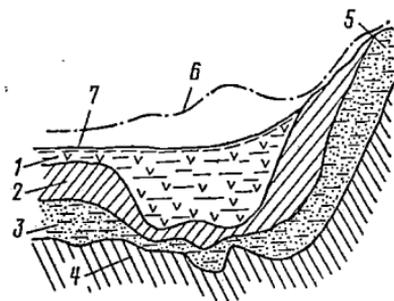


Рис. 85. Разрез болота грунтово-напорного питания:

1 — торф; 2, 4 — водоупорный слой; 3 — водоносный песок; 5 — область питания грунтовых вод; 6 — линия пьезометрических напоров; 7 — грунтовые воды.

него характерен пьезометрический напор. Если в водоносном слое установить пьезометрические трубки, то уровень воды в них под влиянием напора поднимется до линии пьезометрических напоров. В наиболее узких местах поперечного сечения потока грунтовых вод пьезометрический напор увеличивается.

Болота напорного питания встречаются в поймах рек; иногда водоносный слой залегает довольно глубоко (до 6 м).

## § 76. Заболачивание пойм

Пойменные земли почти ежегодно заливаются паводковыми водами. В результате в пойму приносится большое количество аллювиальных отложений, под воздействием которых формируется ее рельеф. Можно выделить прирусловую, центральную и притеррасную части поймы. Прирусловая часть, несколько возвышающаяся над остальной поймой, характеризуется аллювиальными легководопроницаемыми отложениями с глубоким залеганием грунтовых вод и беспокойным рельефом. Центральная часть преимущественно равнинная, сложена структурными (зернистая пойма) или бесструктурными суглинистыми или глинистыми (слоистая пойма) почвами; грунтовые воды, как правило, залегают неглубоко. Притеррасная часть более пониженная, чем центральная, сложена грунтами тяжелого механического состава, часто переувлажнена в результате выклинивания грунтовых вод со стороны коренного берега.

Болота в поймах рек образуются:

при затоплении паводковыми водами, которые своевременно не сбрасываются после паводка, малых продольных уклонах речной долины, наличии понижений «блюдец», староречий, при зарастании и засоренности поймы растительными остатками, приносимыми паводковыми водами;

при подпоре грунтовых вод рекой в случае высокого стояния уровня воды в ней, что бывает при зарастании русла реки, образовании конусов выноса в поймах в результате действия оврагов. Конусы выноса иногда создают на реках значительные подпоры воды (перепáды), вызывающие нарушения режима реки на больших участках и способствующие заболачиванию поймы. Подпор грунтовых вод в ряде мест может создаваться гидротехническими сооружениями, шлюзами, водоподъемными плотинами и др.;

при поступлении талых и ливневых вод с прилегающих склонов.

В результате постоянного или периодического переувлажнения в пойме реки преобладают анаэробные процессы, сопровождающиеся накоплением органических веществ и образованием

мощных залежей торфа с высокой (до 30 %) зольностью, поэтому после осушения на таких торфяниках можно размещать луга, пастбища, возделывать овощные культуры и кормовые корнеплоды.

## § 77. Типы водного питания и водный баланс болот и заболоченных земель

При выборе методов осушения болот и заболоченных земель очень важно правильно установить тип их водного питания, то есть комплекс взаимосвязанных природных условий, который определяет основные источники избыточного увлажнения земель. Это позволит уменьшить продолжительность осушения и срока окупаемости затрат на осушение и освоение осушенных земель.

Различают следующие основные типы водного питания болот и заболоченных земель: атмосферный, грунтовый, грунтово-напорный и намывной.

*Атмосферное водное питание* наблюдается на водораздельных верховых болотах, образующихся в результате подзолообразовательного процесса. Торфяники их имеют низкие зольность и плодородие. При использовании таких болот после осушения под сельскохозяйственные угодья требуется внесение органических и минеральных удобрений. Кислотность торфяных почв снижают известкованием.

*Грунтовое водное питание* встречается на болотах, расположенных в нижней части склона и в поймах рек. Грунтовые воды на болоте могут быть в виде бассейна (при образовании болота в результате зарастания водоема) или в виде потока. При содержании в воде большого количества зольных элементов (минеральных солей) такие болота имеют богатую растительность: осоки, камыши, тростники.

Торфяники болот грунтового питания отличаются высокой зольностью и после осушения могут стать высокоплодородными сельскохозяйственными угодьями.

*Напорно-грунтовое питание* характерно для болот, расположенных в нижней трети склона и в поймах рек. Грунтовые воды здесь могут иметь сосредоточенный выход или скрытую напорность (когда поток сверху прикрыт водонепроницаемым почвогрунтом, суглинком аллювиального или делювиального происхождения или торфом, а снизу подстилается водоупором). Напорность грунтового потока обнаруживают закладкой шурфа или скважины. При доведении шурфа или скважины до напорного водоносного слоя уровень воды в шурфе или скважине повышается. При сильной напорности водоносного пласта вода из скважины может фонтанировать. Вследствие напорности верхние

слои болота или избыточно увлажненных минеральных почв находятся в состоянии постоянного переувлажнения. При осушении таких земель необходимо снизить пьезометрический напор потока грунтовых вод.

*Намывное питание* встречается исключительно в поймах рек или озер в период затопления весенними паводковыми водами при разливе рек или притоке воды с вышележащих водосборов. Оно может быть аллювиальным (при затоплении территории паводковыми водами рек) и делювиальным (при притоке воды с вышерасположенных склонов).

Паводковые воды содержат большое количество илстых частиц, смытых с полей. При осаждении ила в пойме рек происходит формирование микро рельефа поймы.

Пойменные болота могут иметь намывное или смешанное питание, грунтовое и намывное или грунтово-напорное и намывное. В этом случае необходимо установить преобладающее влияние того или другого типа.

Количественная характеристика водного питания — *водный баланс*. Для осушаемого массива он выражается уравнением:

$$(P + P_n + P_r + P_{II} + K) - (E + C + O_r) = \Delta W,$$

где  $P$  — атмосферные осадки;  $P_n$ ,  $P_r$ ,  $P_{II}$  — приток на осушаемый массив поверхностных, грунтовых и напорных вод;  $K$  — конденсация влаги на поверхности и в почве;  $E$  — суммарное испарение;  $C$  — поверхностный сток с массива;  $O_r$  — отток грунтовых вод за пределы массива;  $\Delta W$  — изменение запасов поверхностных, почвенных и грунтовых вод на осушаемом массиве за расчетный период.

Для многолетнего периода значение  $\Delta W$  равно нулю, то есть приход влаги равен ее расходу. В зависимости от типа водного питания в уравнении баланса могут отсутствовать те или иные составляющие. Все методы осушения направлены на увеличение расходных элементов водного баланса и уменьшение приходных.

Баланс почвенной влаги на осушаемой территории описывается уравнением:

$$P - E - C \pm g = \Delta W,$$

где  $\Delta W$  — изменение запасов влаги в активном слое почвы за расчетный период;  $g$  — значение влагообмена между активным слоем почвы и грунтовыми водами, положительное при подпитывании со стороны грунтовых вод и отрицательное при инфильтрации влаги в нижележащие горизонты. От значения  $g$  зависит необходимость регулирования влажности почв на осушенных землях.

## Глава 11. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОСУШЕНИЯ БОЛОТ И ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

### § 78. Влияние осушения на почву

При осушении количество воды в почве уменьшается. Освободившиеся от воды поры заполняются воздухом. Теплоемкость массы воды в 2,1...5,5 раза выше теплоемкости твердой фазы почвы. Поэтому при осушении теплоемкость почвы снижается. В результате при тех же затратах тепла осушенная почва прогревается быстрее, чем переувлажненная. Тепловой режим ее верхних слоев более благоприятный для развития сельскохозяйственных культур, поскольку осушенная почва меньше испаряет влаги, то есть и меньше расходует тепла на испарение. По данным наблюдений, днем в летний период осушенные почвы бывают на 1,5...7° теплее неосушенных. Но ночью и зимой они сильнее и охлаждаются, поэтому на таких почвах целесообразнее возделывать культуры более холодостойкие или с коротким вегетационным периодом.

В глинистых почвах при осушении коллоиды из состояния золь переходят в состояние гелей, почвенные частицы склеиваются, что приводит к увеличению размеров пор. Илстые частицы по порам из верхних слоев перемещаются в нижние. В торфяных почвах осушение вызывает превращение волокнистой структуры торфа в комковатую, идет процесс их минерализации. Все эти изменения снижают способность осушаемых почв адсорбировать воду, приводят к осадке осушенного слоя. Чем больше в почве находилось воды и коллоидных частиц, больше степень разложения торфа и глубина осушения, чем интенсивнее агротехника (глубокая вспашка, рыхление и др.), тем больше осадка осушенного слоя. В среднем для торфяных почв она составляет 10...30 % мощности осушенного слоя за первые пять лет осушения (в последующие годы осадка идет медленнее), для глинистых и суглинистых — 5...20 %.

На уплотненных (после осадки в процессе осушения) почвах условия для пастбы скота, движения людей и механизмов, ухода за сельскохозяйственными культурами наиболее благоприятные.

В минеральных почвах в первые же годы осушения вследствие укрупнения пор и увеличения общей скважности водопроницаемость возрастает, в торфяных в связи с интенсивным разложением торфа несколько уменьшается. Но как только торф минерализуется и приобретает комковатую структуру, водопроницаемость осушенного слоя вновь возрастает. С ростом водопроницаемости сток воды в глубь почвы увеличивается, улучшаются ее аэрация и воздухопроводность. Почва обогаща-

ется кислородом, создаются оптимальные условия для протекания в осушенном слое биохимических и окислительных процессов.

Болота, особенно верховые, бедны бактериями. Неосушенный торф на глубине 25 см от поверхности практически стерилен. В верхнем его слое преобладают анаэробные бактерии (нитрофицирующих практически нет), развиваются аммонизация, денитрификация, разлагается целлюлоза. На осушенных же торфяных землях при возделывании различных сельскохозяйственных культур процесс аэробизиса ускоряется, появляются новые виды бактерий, в том числе и нитрифицирующие (табл. 32).

**32. Число бактерий в 1 г сухой торфяной почвы, взятой с глубины 15 см (данные А. А. Черкасова)**

Состояние болота	Низинное болото		Верховое болото	
	анаэробные бактерии	аэробные бактерии	анаэробные бактерии	аэробные бактерии
Осушено, но не окультивировано	2000	4400	140	4000
Осушено и окультивировано	15 000	61 000	140 000	336 000

Примечание. В 1 г культурной суглинистой почвы содержится бактерий 10...20 млн.

С усилением окислительного процесса и деятельности аэробных бактерий в осушаемом слое возрастает минерализация торфа, накапливаются питательные вещества (табл. 33).

**33. Содержание питательных веществ (мг на 1 кг сухой почвы) до осушения и в осушенной торфяной почве**

Питательные вещества	До осушения	После осушения при расстоянии между дренами, м		
		30	20	10
Поглощенный $\text{NH}_3$	103,5	115,9	125,0	132,1
Водно-растворимый $\text{NH}_3$	45,3	26,4	23,3	23,4
» $\text{NO}_3$	0,0	0,3	1,0	6,5
» $\text{P}_2\text{O}_5$	10,7	23,7	22,3	19,8
» $\text{CaO}$	78,2	95,6	100,0	104,4

На осушенных землях активно развиваются низшие живые организмы (черви, многоножки и др.), способствующие повышению плодородия почвы, и в то же время сокращается количество вредных насекомых (например, малярийных комаров), местность оздоравливается.

В осушенной почве хорошо развивается корневая система растений. Корни проникают на значительную глубину, и растения в жаркую пору не страдают от перегрева верхних слоев почвы. Выращиваемые на осушенных землях культуры дают высокие урожаи.

### § 79. Требования сельскохозяйственных культур к водному режиму почв. Нормы осушения

С помощью осушительных мелиораций на болотном массиве создают оптимальные водный и воздушный режимы почвы.

При оптимальном водном режиме почвы обеспечивается необходимое для сельскохозяйственных культур соотношение влаги, тепла и воздуха, создаются условия для аэробного процесса. Для возделывания зерновых колосовых в корнеобитаемом слое почвы должно содержаться воздуха не менее 20...30 % и влаги 70...80 % полной влагоемкости, для корнеплодов — соответственно 30...40 и 60...70 %, для трав — 15...20 и 80...85 %. Такие условия на осу-

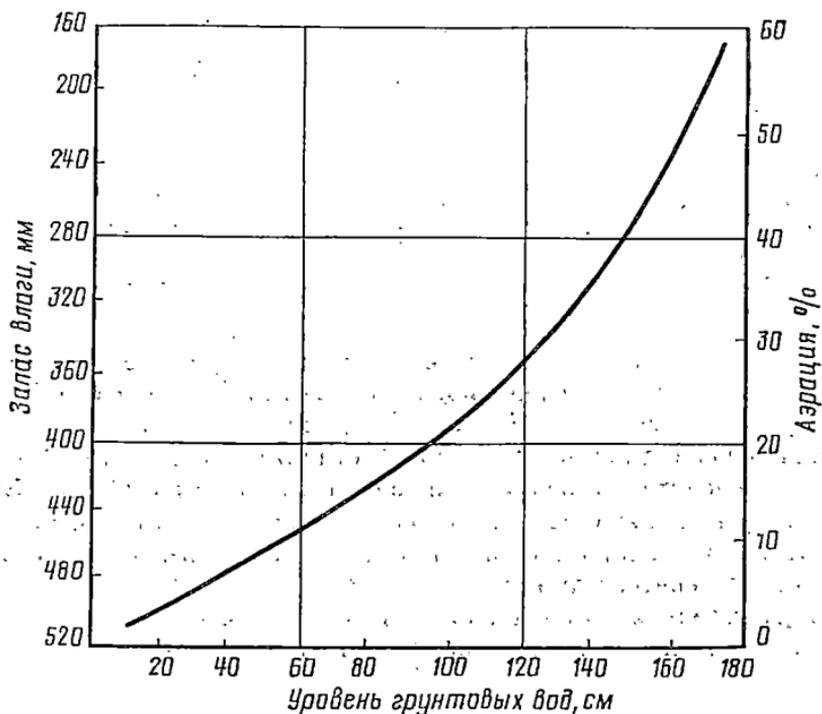


Рис. 86. Зависимость запасов влаги и аэрации в слое 0...60 см торфа от уровня грунтовых вод (данные Кировской лугово-болотной опытной станции).

шаемой территории можно создать отводом избыточных поверхностных вод и понижением уровня грунтовых вод.

Влагоемкость и аэрация почвы на осушенных землях зависят от глубины залегания уровня грунтовых вод (рис. 86).

Требования растений к воде по фазам роста и развития меняются, поэтому уровень грунтовых вод должен регулироваться в течение всей вегетации растений.

Понижение уровня грунтовых вод ниже поверхности земли, обеспечивающее влажность почвы, необходимую для произрастания сельскохозяйственных культур в вегетационный период, называется *нормой осушения*  $H$  (рис. 87). Норма осушения зависит от вида выращиваемых культур, климатических условий, свойств осушенной почвы и ее структуры, характера агротехники.

Нормы осушения для различных сельскохозяйственных культур приведены в таблице 34 (данные А. Н. Костякова).

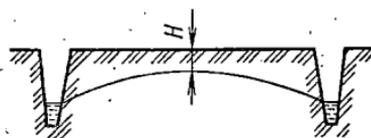


Рис. 87. Депрессионная кривая и норма осушения.

#### 34. Нормы осушения для некоторых сельскохозяйственных культур

Культуры, угодья	Средняя норма осушения (см) за период	
	вегетационный	весенний и предпосевной
Травы	50...60	30...40
Пастбища	60...70	40...50
Зерновые	70...80	30...40
Технические	80...100	60...70
Овощные	70...80	50...60

В активном (корнеобитаемом) слое почвы осушенной территории в вегетационный период поддерживают влажность около 75...85 % наименьшей влагоемкости и аэрацию 17...22 %. В вегетационный период норма осушения по стадиям роста растений зависит от свойств осушенных почв, вида культур и сухости года. Ее увязывают с влажностью корнеобитаемого слоя почвы, осадками, испарением влаги растениями и почвой в период вегетации сельскохозяйственных культур.

При заданной (оптимальной) влажности в слое почвы 40 см с учетом осадков и испарения за вегетационный период норма осушения (м):

$$H = 0,028 (100 - \gamma) P/E;$$

где  $\gamma$  — оптимальная влажность почвы в слое 0...40 см, % НВ;  $P$  и  $E$  — сумма осадков и испарение за вегетационный период, мм.

За период вегетации требования сельскохозяйственных культур к глубине грунтовых вод на осушенных землях изменяются в зависимости от фазы их роста и развития. Так, рожь до колошения хорошо развивается при уровне грунтовых вод 0,4...0,6 м. К фазе молочной спелости уровень грунтовых вод необходимо довести до 0,75 м. Для овса в начале вегетации необходима глубина грунтовых вод 0,4...0,5 м, а с момента выхода в трубку до конца вегетации — 0,7...0,75 м. Пастбищные травы в начале вегетации требуют понижения грунтовых вод до 0,75 м, а к моменту наступления жаркой погоды — до 0,6 м. Луговые травы дают наилучший прирост урожая при норме осушения 0,5...0,55 м в течение всей вегетации. Лен наиболее благоприятно развивается при норме осушения 0,4...0,6 м.

В период от кущения до цветения потребность полевых культур в воде возрастает. После цветения она уменьшается. Луговые травы до первого укоса требуют много воды; во время укоса — мало, но затем в период последующего отрастания потребность в воде увеличивается. Норма осушения должна меняться в соответствии с этими потребностями.

При понижении грунтовых вод ниже требуемых норм осушения влажность почвы уменьшается. Предел влажности, который недоступен растениям, называют *коэффициентом увядания* (полуторная максимальная гигроскопическая влажность почвы). В засушливые годы, когда уровень грунтовых вод сильно понижается и в корнеобитаемой зоне нарушается капиллярная связь, влажность почвы близка по значению к коэффициенту увядания и растения испытывают недостаток влаги. Такое явление наблюдается на осушенных водораздельных болотах, на болотах грунтового питания с малой мощностью торфяной залежи, подстилаемой легководопроницаемым слоем (песок), а также на минеральных избыточно увлажненных почвах.

## § 80. Общие понятия о методах и способах осушения

*Метод осушения* сельскохозяйственных культур — это принцип воздействия на факторы переувлажнения корнеобитаемого слоя. Он зависит от типа водного питания, планируемого использования осушаемых земель и определяет выбор конструкции системы, расположения осушительной сети в плане.

В мелиоративной практике применяют следующие методы осушения: ускорение стока воды с поверхности почвы, понижение уровня грунтовых вод, ограждение осушаемого массива от подтопления или затопления паводковыми водами реки или потока воды с прилегающих склонов местности и др.

*Способ осушения* — это система технических мероприятий,

обеспечивающих устранение избыточного увлажнения исходя из метода осушения и требований хозяйственного использования осушаемых земель.

Основные способы осушения:

открытыми каналами, отводящими поверхностные и грунтовые воды;

горизонтальным и вертикальным дренажем, отводящим почвенно-грунтовые и частично поверхностные воды;

вертикальными водопоглощающими колодцами, понижающими уровень грунтовых вод и отводящими воду в нижележащий песчаный слой;

ловчими каналами или головным дренажем территории, подтопляемой потоком грунтовых вод с вышерасположенной территории;

нагорными каналами, отводящими поверхностные воды, стекающие с прилегающих склонов;

обвалованием земель в целях защиты их от затопления водами рек в период паводков.

Осушительная система представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств для регулирования водного режима заболоченных и переувлажненных земель в соответствии с требованиями сельскохозяйственного производства. В состав ее входят: осушаемые земли; регулирующая сеть каналов или дрен, отводящих поверхностные и грунтовые воды и регулирующих водный и воздушный режимы корнеобитаемого слоя почвы; ограждающая сеть, предназначенная для перехвата поверхностных и грунтовых вод, поступающих на осушаемую территорию с прилегающих к ней земель; проводящая сеть, транспортирующая воду из регулирующей и ограждающей сети за пределы осушаемой территории; водоприемник, принимающий воду с осушаемой территории; гидротехнические сооружения; дорожная сеть с различными сооружениями и др. Деление осушительной сети на регулирующую и проводящую надо считать условным, так как и проводящая и регулирующая осушительная сеть оказывает большое осушительное действие на прилегающую к ней территорию.

## § 81. Осушение открытыми каналами

Открытые каналы, или открытый дренаж,— наиболее простой и дешевый способ осушения болотных и избыточно увлажненных минеральных почв. Его применяют для ускоренного отвода поверхностных и понижения и отвода грунтовых вод.

Осушительные каналы получили распространение при атмосферном и грунтовом типах питания. Сеть мелких каналов долж-

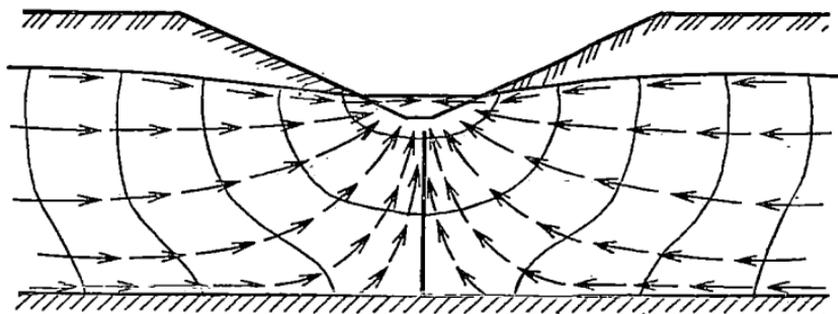


Рис. 88. Схема поступления воды в открытый канал.

на создавать и поддерживать в корнеобитаемой зоне почвы на осушаемой территории оптимальные водный, воздушный, тепловой и питательный режимы, обеспечивающие получение высоких урожаев возделываемых культур.

Вода в канал поступает по смоченному периметру со всей глубины водоносного пласта (рис. 88). Линии одинаковых пьезометрических напоров принимают вид некоторых концентрических поверхностей вокруг смоченного периметра канала. Напор грунтовых вод убывает по мере приближения к смоченному периметру, так что наиболее удалены от канала линии наибольшего напора. Линии токов грунтовых вод располагаются по нормали к линии равного пьезометрического напора, в сторону его убывания.

Такое движение грунтовых вод к каналу происходит в силу гидростатического давления, создаваемого их депрессией. Давление в водоносном слое распределяется по закону эквипотенциалей или поверхностей равного напора.

**Осушение при грунтовом водном питании.** Болота и заболоченные почвы, расположенные в поймах рек, получают водное питание от грунтовых вод, текущих со стороны коренного берега. Грунтовые воды здесь представлены в виде потока, от объема которого зависит степень переувлажнения рассматриваемого массива. При благоприятных геологических условиях (наличии хорошо водопроницаемых грунтов) такой массив можно осушить глубокими одиночными каналами. Часто понизить уровень грунтовых вод можно и урегулированием (расчистка, углубление) русла реки.

Если приток грунтовых вод небольшой, их уровень можно понизить снижением уровня воды в реке. Для этого достаточно осушить сеть мелких каналов полосу поймы вдоль реки шириной 800...1500 м. При значительном притоке поток грунтовых вод перехватывают на выходе его в пойму ловчим каналом глубиной

1,5...2 м (рис. 89). Расстояние между рекой и ловчим каналом может достигать 1...2 км.

Ловчий канал довольно равномерно осушает прилегающую к нему территорию. Между ним и рекой образуется замкнутый бассейн. Если поток грунтовых вод имеет подпор со стороны реки, то его полностью может перехватить канал, глубина которого не доходит до водоупора. Если же подпора со стороны реки нет,

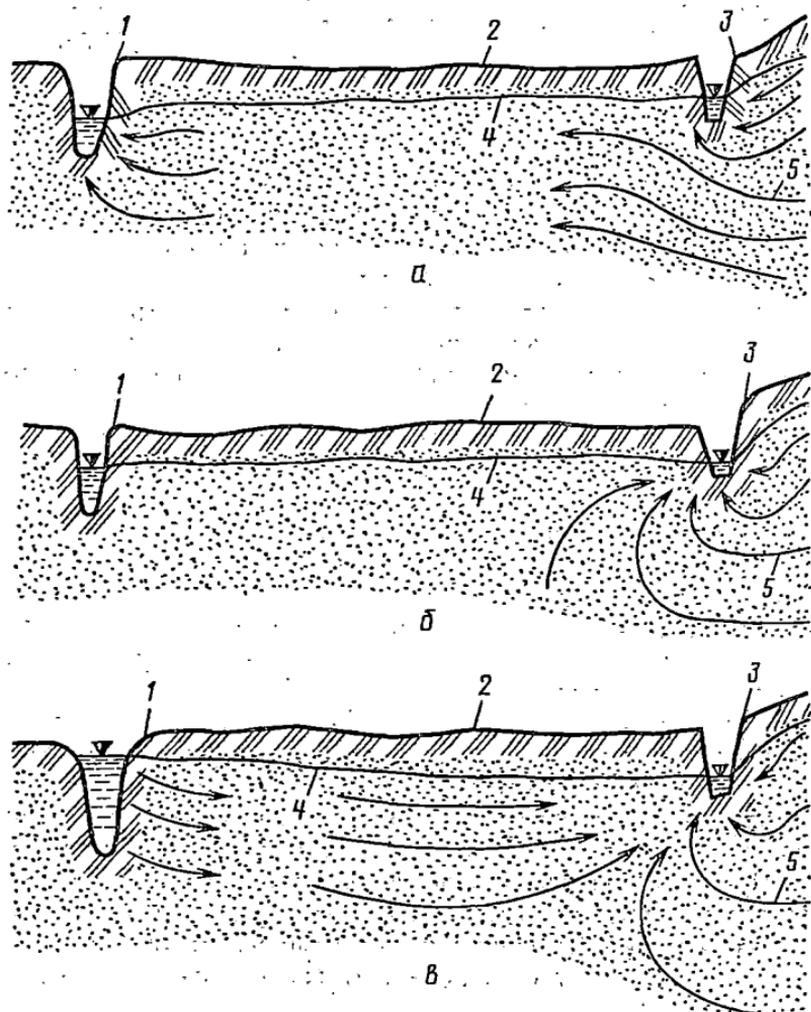


Рис. 89. Схемы осушительного действия ловчего канала в пойме реки: а — уровень воды в реке ниже, чем в ловчем канале; б — уровень воды в реке и ловчем канале имеет одинаковую отметку; в — уровень воды в реке выше, чем в ловчем канале; 1 — река; 2 — пойма; 3 — ловчий канал; 4 — уровень грунтовых вод после осушения; 5 — линии тока грунтовых вод.

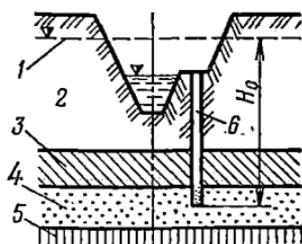


Рис. 90. Схема ловчего канала с вертикальными колодцами:

1 — уровень грунтовых вод; 2 — торф; 3, 5 — водоупорные слои; 4 — водоносный слой; 6 — вертикальный колодец.

достаточно проложить неглубокий ловчий канал.

**Осушение при грунтово-напорном водном питании.** Когда водоносный пласт прикрыт сверху плохо водопроницаемыми грунтами (суглинки, торф), применение мелкой осушительной сети для осушения сельскохозяйственных земель не дает положительных результатов, так как не снижает напорности потока грунтовых вод. В этом случае устраивают ловчий дренаж. Его конструкция зависит от мощности плохо водопроницаемых грунтов.

При мощности плохо водопроницаемого слоя до 1,5 м ловчим каналом прорезают всю его толщу. Дно канала должно входить в водопроницаемый горизонт на 0,2...0,3 м. Это обеспечивает перехват части грунтового потока и снижение его пьезометрического напора.

Если мощность плохо водопроницаемого слоя превышает 1,5 м, устраивают открытые каналы с вертикальными колодцами-фильтрами (рис. 90). Колодцы располагают по длине канала через 20...50 м. Их диаметр принимают 5...15 см. Дно колодца должно несколько врезаться в водоносный горизонт, а дно канала — находиться ниже пьезометрического напора не менее чем на значительную потерю напора в колодцах-фильтрах. Обычно глубина канала составляет 1,2...1,5 м.

Потери напора вычисляют по формуле Эренбергера:

$$h_{\omega} = \frac{H}{2} \left( 1 - \frac{h}{H} \right)^{1,72},$$

где  $H$  — разность отметок пьезометрического напора и нижнего конца колодца-фильтра, м;  $h$  — разность отметок уровня воды в канале и нижнего конца колодца, м.

**Осушение при намывном типе водного питания.** Если переувлажнение и заболачивание земель вызвано разливом рек во время весеннего половодья, для их осушения проводят следующие мероприятия: урегулируют русло реки (углубляют и прочищают дно и берега и др.) в целях увеличения пропускной способности; нарезают тальвеговую сеть каналов по наиболее пониженным элементам рельефа (дно каналов должно быть на 0,2...0,5 м ниже самых глубоких понижений рельефа в целях полного их осушения). Когда постройка тальвеговых каналов связана с большим объемом земляных работ и каналы получаются глубокими (при пересечении бугров, перевалов и других препятствий), их заменяют (в местах пересечения препятствий) закрытыми трубами. Диаметр труб принимают не менее 0,5 м, чтобы можно было при заилинии их очистить.

Если переувлажнение и заболачивание земель вызвано притоком со склонов паводковых и ливневых вод, по их верхней границе нарезают напорные каналы, а на прилегающих склонах проводят агротехнические и лесомелиоративные мероприятия по задержанию талых и ливневых вод.

## § 82. Схемы расположения осушительных каналов

Схемы расположения осушительных каналов (рис. 91) выбирают с учетом почвенных и топографических условий, а также последующего использования осушенных земель (пашня, сад и др.).

Деление каналов на осушители, транспортирующие собиратели и отводящие каналы условно и определяется их территориальным расположением и глубиной. Так, осушительным принято называть самый мелкий канал, который осушает прилегающую к нему территорию и отводит воду в транспортирующий собиратель. Проводящий канал принимает воду от транспортирующих собирателей. Магистральный канал собирает воду от проводящих каналов.

В летний период водоприемник должен беспрепятственно при-

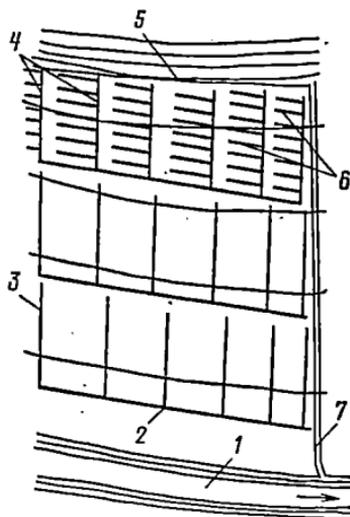


Рис. 91. Схема расположения открытых осушительных каналов:

1 — река-водоприемник; 2 — канал первого порядка; 3 — канал второго порядка; 4 — собиратели; 5 — нагорный канал; 6 — осушители; 7 — магистральный канал.

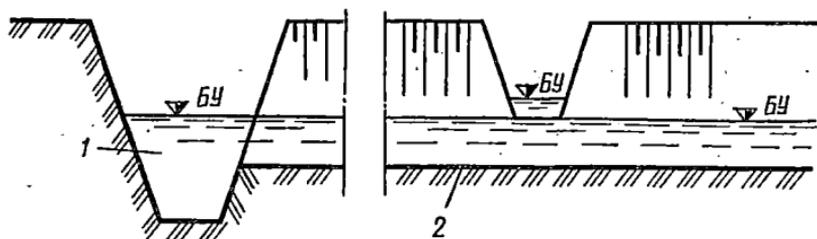


Рис. 92. Схема сопряжения осушительных каналов в вертикальной плоскости:

1 — канал старшего порядка; 2 — дно канала младшего порядка.

нимать воду из впадающих в него водоотводящих каналов, не создавая подпора воды во всех вышерасположенных каналах. Для перехвата воды, стекающей с вышележащих склонов, устраивают нагорные каналы.

На небольших осушенных участках отдельные элементы осушительной системы (см. рис. 91) отсутствуют. Мелкие осушительные каналы могут впадать в магистральный канал.

Осушительные каналы должны обеспечивать самотечный отвод воды за пределы осушаемой территории. Поэтому глубина каналов старшего порядка должна быть больше глубины каналов младшего порядка (рис. 92).

Глубину осушительных каналов обычно принимают на лугах и пастбищах 0,8...1 м, на полевых угодьях — 1...1,2 м, в садах — 1,2...1,4 м, ширину по дну — 0,2...0,4 м, длину — 700...1500 м, уклон — 0,0005...0,005, коэффициент заложения откосов — 1. Их нарезают под острым углом к горизонтали местности, а при грунтовом питании болот — под острым или прямым углом к направлению потока грунтовых вод.

Магистральный канал проводят по самым низким местам осушаемой территории, по тальвегу минерального дна болота. Размеры поперечного сечения магистрального канала должны обеспечивать своевременный отвод поступающей в него воды. По длине магистрального канала не должно быть крутых поворотов.

Расстояния, (м) между мелкими осушительными каналами определяют по опытным данным или вычисляют по формуле А. Н. Костякова:

$$D = \frac{78}{\gamma} A \sigma T^2 \sqrt{i},$$

где  $\gamma$  — коэффициент шероховатости поверхности осушенного массива, для пашни  $\gamma = 1,5$ , для задерненного болота  $\gamma = 5...10$ , для закоряченного болота  $\gamma = 10...15$ ;  $A$  — интенсивность летних дождей, мм/мин;  $\sigma$  — коэффициент поверхностного стока, для пашни на пологих склонах с хорошей водопроницаемостью  $\sigma = 0,3...0,4$ , для лугов на средних склонах с средней водопроницаемостью  $\sigma = 0,4...0,5$ , для лесных склонов с водо-

проницаемостью ниже средней  $\sigma = 0,5 \dots 0,05$ ; для лесных склонов с малой водопроницаемостью  $\sigma = 0,65 \dots 0,8$ , для мерзлой почвы при весеннем стоке  $\sigma = 0,7 \dots 0,9$ ;  $T$  — допустимая продолжительность весеннего (предпосевного) затопления культур, в течение которой осушительные каналы должны отвести воду, для сенокосов  $T = 20 \dots 25$  сут, для пастбищ —  $10 \dots 15$ , для полевых культур —  $8 \dots 12$ , для овощных —  $3 \dots 5$  сут;  $i$  — уклон местности.

Для центральных районов нечерноземной и черноземной зон расстояние между осушительными каналами можно принять по таблице 35, для условий Белоруссии, северной части Украины и Прибалтийских республик — по таблице 36.

**35. Расстояния между осушительными каналами для условий центральных районов нечерноземной и черноземной зон, м**

Почвогрунты	Угодья, возделываемые культуры			
	пастбища	луга	полевые зерновые	овощные и технические

Торф, тяжелые глинистые и суглинистые грунты	50...80	60...80	50...70	40...80
Средние грунты, суглинки, с прослойками песка или легких суглинков; торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый средними суглинками	80...120	80...140	70...100	80...140
Легкие суглинки, песчаные грунты, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый песком	120...180	150...220	120...200	140...200

**36. Расстояния между осушительными каналами для северной части Украины и Прибалтийских республик, м**

Угодья	Торф			Суглинок		Супесь	Песок
	низинный	переходный	верховой	средний	легкий		

Многолетний луг	100...150	100...125	75...100	75...100	100...125	125...150	100...400
Пашня или пастбище	75...125	75...100	50...100	50...100	75...100	100...125	100...300

Транспортирующие собиратели нарезают по возможности под прямым углом к горизонталям местности. Скорость течения воды в них должна быть не более  $0,2 \dots 0,4$  м/с, ширина по дну —  $0,3 \dots 0,5$  м, глубина — на  $10 \dots 20$  см больше глубины осушителей.

Пойменные болота и заболоченные земли часто осушают одиночными глубокими (более  $1,5 \dots 2$  м) каналами. По сравнению с мелкой осушительной сетью они имеют следующие преимущества: благодаря большой пропускной способности обеспечивают

своевременный отвод поверхностных вод и необходимое понижение грунтовых к началу посевного периода; большое расстояние между каналами улучшает условия механизации сельскохозяйственных работ на осушаемой территории; устройство редкой сети глубоких каналов обходится дешевле строительства мелкой и частой осушительной; создаваемое вследствие их действия низкое стояние грунтовых вод осенью, зимой и ранней весной способствует интенсивному разложению торфа, что улучшает водный и воздушный режимы почвы.

Недостаток глубоких каналов — неравномерное и значительное понижение грунтовых вод в период вегетации растений, что может вызвать в засушливые годы пересушивание болотных земель. Однако при наличии сооружений по регулированию водного режима почв этот недостаток устраняется. Устройство шлюзов на каналах обеспечивает хорошее регулирование водного и воздушного режимов на осушаемой территории в период произрастания растений.

Анализ многолетних наблюдений, проведенных на болотных массивах, осушенных сетью одиночных глубоких каналов, позволяет сделать следующие выводы:

одиночные каналы можно применять при осушении сельскохозяйственных земель только на хорошо водопроницаемых супесчаных почвогрунтах. Таким условиям удовлетворяют лучше всего поймы рек, сложенные из аллювиальных и делювиальных отложений;

действие одиночного канала зависит от фильтрационных свойств почвогрунта, а также от притока грунтовых вод к каналу со стороны осушаемого массива;

при сильном притоке грунтовых вод одиночный канал или река не может обеспечить достаточного понижения грунтовых вод на значительном расстоянии. В этом случае требуется перехват потока грунтовых вод ловчим каналом (дреной) на верхней границе выхода потока в пойму;

урегулированием водоприемника и проведением выборочной системы ловчих нагорных и тальвеговых каналов заболоченные поймы рек можно осушить без применения систематической открытой или закрытой дренажной сети;

действие одиночных каналов в поймах рек бывает значительным (до 2 км) при отрегулированном поверхностном стоке осушаемой территории. Поэтому их проектируют так, чтобы весенние воды после паводка не застаивались в пониженных местах;

на тяжелых и плохо водопроницаемых почвах (глинистые и суглинистые) осушающее действие одиночного канала невелико. В этом случае к глубоким (магистральным) каналам необходимо добавлять сеть открытых мелких.

### § 83. Гидрологический расчет открытой осушительной сети

Гидрологические расчеты осушительной сети проводят в соответствии с Указаниями по определению расчетных гидрологических характеристик, а также региональными данными о режиме водотоков (гидрометрические наблюдения). Если этой информации недостаточно, то в регионе осушительных работ используют гидрологические характеристики рек-аналогов данного района.

При проектировании открытой осушительной сети необходимо знать расчетные расходы воды, которые будут пропускать проводящие каналы в различные критические периоды года. Расчетные расходы находят по Руководству по проектированию осушительных систем сельскохозяйственного назначения (ВТР-П-8—78) в зависимости от будущего использования осушенных земель (табл. 37). При отсутствии данных многолетних гидрометрических наблюдений их вычисляют по эмпирическим формулам и картам для данного региона.

**37. Расчетные расходы, условия их пропуска и расчетная обеспеченность для каналов осушительной сети площадью до 2000 га**

Сельскохозяйственное использование осушенных земель	Расчетные расходы	Условия пропуска расчетных расходов	Расчетная обеспеченность, %
Полевые севообороты: с озимыми культурами (вне поймы) без озимых культур	Весеннего половодья	В бровках канала	10
	Летне-осеннего паводка	То же	10
	Предпосевной	С запасом 0,5...0,6 м от бровки канала	10
Пастбища и сенокосы	Летне-осеннего паводка	В бровках канала	10
	То же	То же	10
Овощные севообороты	Предпосевной	С запасом 0,5...0,6 м от бровки канала	5
	Летне-осеннего паводка	В бровках канала	5
Сады	Весеннего половодья	То же	5
	Летне-осеннего паводка	»	5
Для всех видов использования	Среднемеженный	Обеспечение бесподпорной работы впадающей сети	50

При площади водосбора более  $5 \text{ км}^2$  расчетные расходы осушительных каналов определяют в устьях и верховьях канала, в местах резкого изменения водосборной площади, выше и ниже впадающих притоков.

## § 84. Гидравлический расчет открытых каналов

Гидравлический расчет выполняют для всех каналов с площадью водосбора более  $500 \text{ га}$ , а также для каналов, уклон местности вдоль которых превышает  $0,0015$  на песчаных почвах,  $0,003$  на суглинистых и  $0,005$  на глинистых, при любой площади водосбора. Необходимые величины вычисляют по формулам равномерного движения воды в следующих створах: в устье канала, выше и ниже впадения каждого гидравлически рассчитываемого канала; при изменении перелома уклонов (для обоих уклонов); на участках с постоянным уклоном при изменении площади водосбора более чем на  $20 \%$ . Например, при трапецидальном сечении канала ширину по дну подбирают по формулам гидравлики для принятых значений глубины наполнения  $h$  и коэффициента шероховатости  $n$ . При этом подобранное сечение должно обеспечивать пропуск соответствующих расчетных расходов (см. табл. 37).

Если проектируемый осушительный канал проходит в торфе, его глубину увеличивают на значение осадки торфа. Приблизительно осадку можно принять (% глубины канала) для плотного торфа  $10...15$ , средней плотности —  $15...20$ , рыхлого —  $25...40$ .

Мелкие осушительные каналы обычно нарезают трапецидального сечения. Размеры сечения назначают конструктивно. Ширина таких каналов по дну определяется габаритами рабочих органов землеройных машин.

## § 85. Сооружения на открытой осушительной сети

На открытой осушительной сети устраивают следующие сооружения:

перепады и быстротоки — при значительных перепадах местности вдоль канала;

мосты — на каналах с максимальным расходом воды более  $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$ . Их выполняют из дерева или железобетонных конструкций. Ширину моста назначают из условий возможности проезда широкозахватной сельскохозяйственной техники;

трубы-переезды — на каналах с максимальным расходом воды менее  $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$ . Их диаметр должен составлять  $0,4...1,2 \text{ м}$ ;

шлюзы-регуляторы — для временного перекрытия канала и для подъема уровня воды в нем. Их выполняют обычно из дере-

ва, однопролетными, с шандорным затвором. На каналах, проходящих через осушенные торфяные болота, шлюзы строят после осадки торфа, то есть через два-три года после нарезки осушительной сети, и др.

## § 86. Осушение закрытым дренажем

Закрытый дренаж применяют для осушения болот и избыточно увлажнённых земель главным образом при грунтовом и грунтово-напорном водном питании. Его закладывают на глубину, обеспечивающую понижение грунтовых вод на требуемую норму осушения и создающую благоприятный водный режим в корнеобитаемом слое почвы. Грунтовая вода через стыки и щели проникает (вследствие разности напора, создаваемого в ее потоке дренажем) в дрены, затем поступает в коллекторы и отводится с осушаемой территории.

Условные поверхности, которые окружают дренаж и имеют одинаковый напор, называются эквипотенциалами. Грунтовая вода к дрене движется по направлению, перпендикулярному эквипотенциалам. Характер расположения эквипотенциалов и линий токов воды зависит от мощности водоносного слоя, глубины залегания дрены.

Закрытый дренаж долговечен, срок его службы 50 лет и более. Он лучше регулирует водный режим осушаемой территории, чем открытый, создает хорошие условия для широкой механизации работ, способствует росту производительности труда при обработке почвы, посеве культур, уходе за посевами и уборке урожая.

Водоотводящие отверстия в дренажах могут быть выполнены в виде свободной трубчатой полости с крепленными стенками (трубчатый дренаж) и без крепления (кротовый дренаж) или заполнены пористым водопроводящим материалом — крупным щебнем, камнем, хворостом, фашиной, жердями (применяют редко).

Трубчатый дренаж изготовляют из керамических и пластмассовых труб, реже из досок.

Дренажную сеть подразделяют на систематическую и выборочную. При систематической схеме (рис. 93) каналы и закрытые дрены равномерно располагают по осушаемой территории, на расчетном или нормативном расстоянии друг от друга. При выборочной схеме (рис. 94) дренажную сеть устраивают только в переувлажненных местах, где уровень грунтовых вод стоит близко к поверхности почвы.

Систематическая дренажная сеть может быть продольной и поперечной (рис. 95). Продольную схему применяют при уклонах местности менее 0,005, поперечную — при уклонах более 0,005.

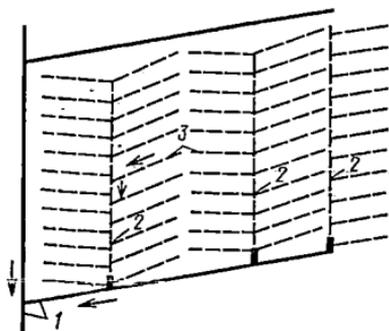


Рис. 93. Схема систематической дренажной сети:

1 — открытые каналы; 2 — закрытый коллектор; 3 — осушительные дрены.

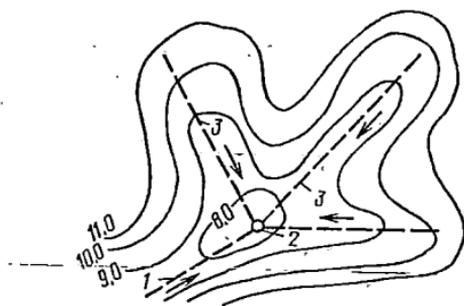


Рис. 94. Схема выборочного дренажа:

1 — закрытый коллектор; 2 — смотровой колодец; 3 — дрены.

**Керамический дренаж.** Керамические дрены выполняют из глиняных, хорошо обожженных труб правильной цилиндрической или граненой формы (рис. 96). Их изготавливают по ГОСТ 8411—74 с внутренним диаметром 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200 и 250 мм длиной 333 мм, а трубы диаметром более 100 мм — длиной 500 мм. При укладке граненых труб производительность труда и качество работ ниже, чем при укладке цилиндрических.

Осушительные дрены устраивают из труб диаметром 50... 75 мм, коллекторы — из труб больших диаметров.

Для укладки труб сначала отрывают траншею глубиной, равной глубине закладки дренажа. Ширина такой траншеи определяется шириной дреноукладчика или экскаватора. Дно тран-

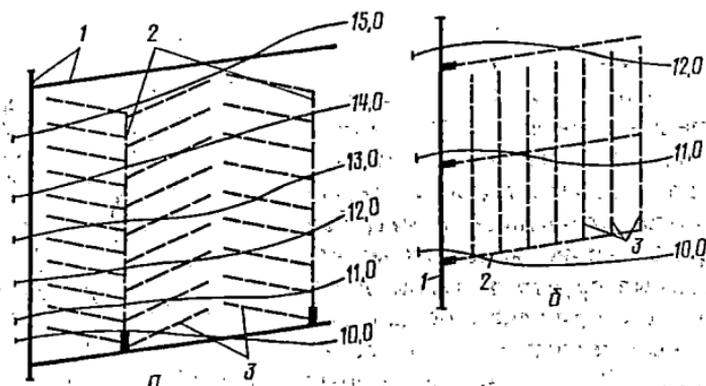


Рис. 95. Поперечная (а) и продольная (б) схемы расположения дренажной сети:

1 — открытые каналы; 2 — закрытый коллектор; 3 — дрены.

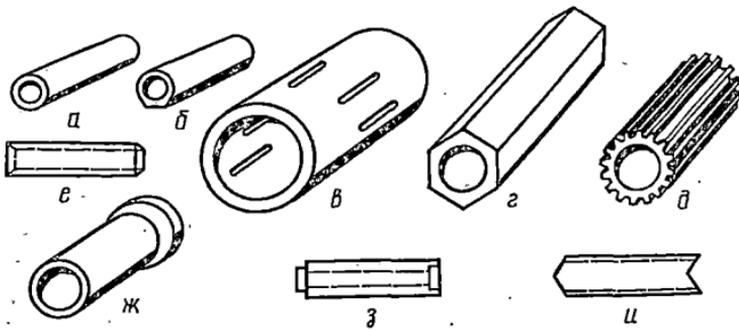


Рис. 96. Керамические дренажные трубы:

а, г — цилиндрические и граненые (ГОСТ 8411—74); б — с опорной плоскостью; в — перфорированные; д — рифленые; е — с фланцами; ж — раструбные; з — фланцевые; и — с фигурным торцом.

шей тщательно планируют. Осушительным дренам придают уклон не менее 0,002 и не более 0,01. Укладку ведут сверху вниз по уклону.

На разжиженных грунтах, в плывунах и торфе керамические трубы укладывают на предварительно проложенные по дну подкладки из теса или горбылей (рис. 97). Чтобы дрена не заилился, зазоры между трубами обкладывают фильтрующим материалом: мхом, гравием, толем, шлаком, стекловолокном и др. В мелкозернистых оплывающих песках толщина фильтрующего слоя должна быть не менее 5 см. Конструкция дрена показана на рисунке 98.

Для обеспечения достаточной пропускной способности и предотвращения заиливания скорость движения воды в дренах должна быть не менее 0,25 м/с в минеральных тяжелых глинистых грунтах и торфе и не менее 0,4 м/с в легких песчаных почвогрунтах. Максимальная скорость воды в дренах не должна превышать 1 м/с, так как при больших скоростях возможен размыв грунта в стыках дрена.

Схема сопряжения осушительной дрена с коллектором приведена на рисунке 99. При впадении дрена в открытый коллектор (канал) их устья располагают выше дна канала не менее чем на 50 см,

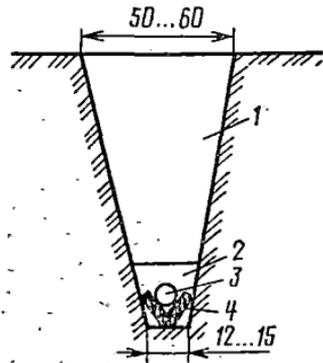


Рис. 97. Схема керамического дренажа на подкладках:

1 — почва; 2 — фильтр; 3 — дрена; 4 — подкладка. Размеры в см.

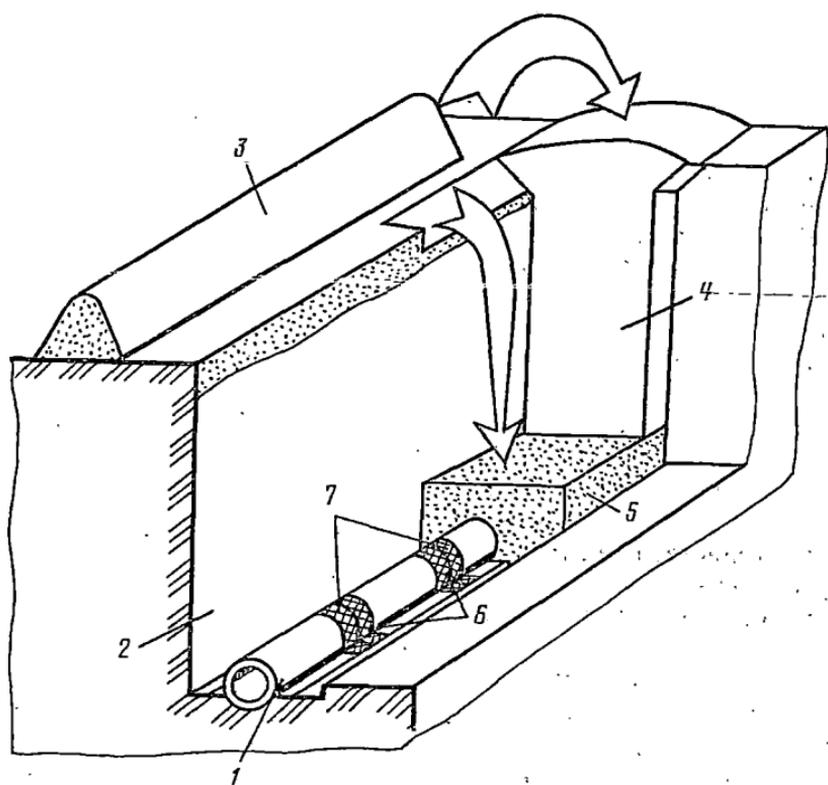


Рис. 98. Конструкция дрены:

1 — дренажные трубы; 2 — траншея; 3 — вынутый из траншеи грунт; 4 — засыпка траншеи почвогрунтом; 5 — присыпка гумусной почвой; 6 — зазоры в стыках труб; 7 — защитно-фильтрующий материал.

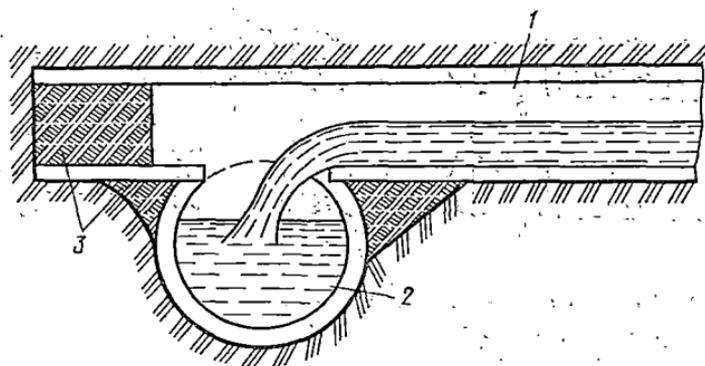


Рис. 99. Схема сопряжения осушительной дрены с коллектором:  
1 — дрена; 2 — коллектор; 3 — глина.

при впадении в закрытый коллектор — расстояние между нижней поверхностью коллекторной трубы и бытовым уровнем воды в канале принимают не менее 20 см.

Если в почвенно-грунтовых водах осушенных земель содержится более 3 мг/л закисных соединений железа, то в проектах, согласно ВТР-П-8—76, предусматривают мероприятия по защите дренажа от заиливания железистыми соединениями.

**Пластмассовый дренаж.** Пластмассовые дрены устраивают из поливинилхлоридных или полиэтиленовых труб (рис. 100). Их выпускают диаметрами 50, 63, 75, 90, 110 и 125 мм в виде отрезков труб длиной 3...6 м или в виде ленты длиной 200...400 м, намотанной на катушку (в бухтах). На одном конце трубы делают конические расширения для стыковки отдельных звеньев. Водоприемные отверстия выполняют в виде щелей длиной 25...30 мм и шириной 0,4...0,6 мм и равномерно располагают по контуру трубы. Наиболее удобные для укладки трубы, изготовленные в виде ленты.

Достоинства пластмассового дренажа — трубы легки и транспортируемы, процесс укладки легче поддается механизации; недостатки — относительно высокая стоимость материала (труб или ленты), дефицитность, хрупкость труб из поливинилхлорида при низких температурах, склонность к химическому заиливанию. Повышенная стоимость полиэтиленовых труб на дренажных системах компенсируется снижением стоимости их укладки. Эксплуатация пластмассового дренажа значительно проще и дешевле керамического.

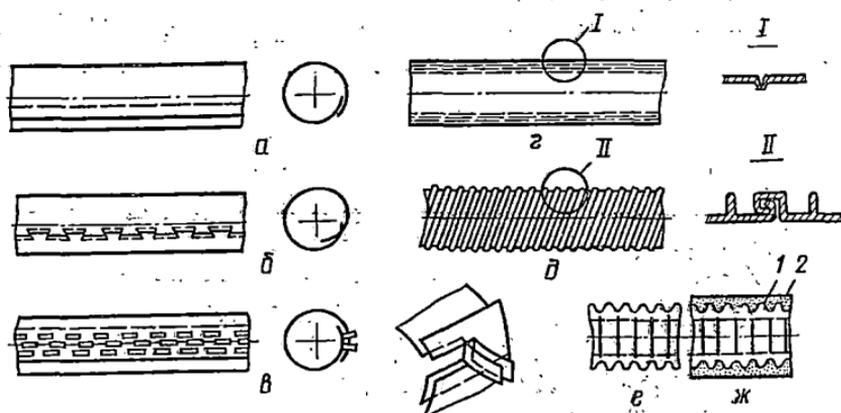


Рис. 100. Пластмассовые дренажные трубы:

*а* — пленочные с упругоподжатым швом; *б* — пленочные со швом «молния»; *в* — пленочные со швом-перфорацией; *г* — пленочные гладкостенные перфорированные; *д* — пленочные спиральнолитые из профилированной ленты; *е* — гофрированные без защиты; *ж* — гофрированные, защищенные от заиливания; *1* — оплетка; *2* — фильтрующий материал.

На торфах и тяжелых глинистых почвах на пашне и пастбищах пластмассовый дренаж заключают на глубину 0,9...1,1 м, на лугах — 0,8...1 м. Расстояние между осушительными дренами назначают в зависимости от водно-физических свойств почв осушенной территории. Длина коллектора допускается не более 600 м и только при больших уклонах — до 1000 м. Оптимальный уклон коллекторов — 0,008...0,015, наименьший — 0,002.

Для центральных районов нечерноземной и черноземной зон расстояния между пластмассовыми дренами можно принять по таблице 38.

**38. Расстояния между осушительными дренами для центральных районов нечерноземной и черноземной зон, м**

Почвогрунты	Угодья, возделываемые культуры			
	пастбища	луга	полевые зерновые	овощные и технические
Торф, тяжелые глинистые и суглинистые	10...15	12...18	10...15	10...12
Средние, суглинки с прослойками песка или легких суглинков, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый средними суглинками	15...25	18...30	15...25	12...20
Легкие суглинки, песчаные грунты, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый песком	25...45	30...45	25...35	20...35

При глубине укладки пластмассового дренажа 1 м для условий Белоруссии расстояния между дренами рекомендуются следующие (данные М. Г. Голченко, Г. И. Михайлова, П. У. Равового):

Почвогрунт	Расстояние между дренами, м
Песок мелкозернистый	30...50
Супесь	25...35
Суглинок:	
легкий	20...30
средний	14...20
тяжелый	8...15
Глина	8...15
Торф низинный	20...40

**Кротовый дренаж.** Его применяют на торфах и тяжелых глинистых почвах в сочетании с керамическим, полиэтиленовым дренажем и открытыми каналами. Он способствует разрыхлению и повышению водопроницаемости почв. Кротовые дрены (рис. 101,

а) отводят излишнюю влагу во влажные периоды года, в засушливую пору они бывают пустыми.

Летом в дневное время температура воздуха на поверхности почвы всегда выше температуры слоя почвы, в котором проложены кротовые дрены. Под влиянием разности температур возникает движение воздуха в дренах, что усиливает аэрацию верхних слоев почвы. Теплый атмосферный воздух приземного слоя, содержащий много влаги, попадая в дренаж, охлаждается, и часть водяных паров конденсируется и осажается на стенках дренажа. Влажность почвы в зоне кротового дренажа повышается. Вследствие этого влажность кротованных земель во влажные периоды года бывает ниже, а в сухие периоды выше влажности некротованных. Урожай сельскохозяйственных культур, выращиваемых на кротованных землях, в первые годы получают на 50...60 % выше, чем на некротованных. Таким образом, кротовый дренаж является хорошим регулятором водного и воздушного режимов торфяных и тяжелых по механическому составу почв. Действие кротовых дренажей сохраняется в течение 3...4 лет.

Кротовый дренаж нарезают специальной кротодренажной машиной Д-657. На торфяных почвах стенки кротового дренажа обычно не закрепляют, на малоустойчивых — крепят следующим образом: при нарезке в кротовые дрены вводят смесь хорошо разложившегося торфа с раствором  $FeSO_4$ , которая проникает в грунт по периметру дренажа; закрепляют периметр кротовых дренажей цементным раствором. Устье кротовой дренажа должно оканчиваться гончарной трубой, которая впадает в гончарную дренаж или канал, и находится выше расчетного уровня воды в канале. Подтопленные кротовые дрены быстрее разрушаются, особенно в минеральных почвогрунтах.

**Щелевой дренаж.** На слаборазложившихся торфяных почвах с наличием корней и пней устройство кротового дренажа затруднено, поэтому на таких участках нарезают щелевые дрены (рис. 101, б, в). Длина щелевых дренажей может достигать 300 м. Расстояние между ними в плотных торфяниках принимают 20...40 м, на торфах пониженной устойчивости и сильно переувлажненных — 15...25 м. Устья дренажей при выходе в открытый канал за-

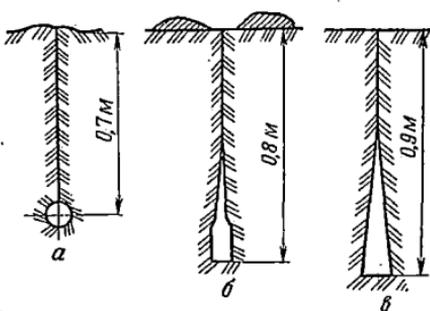


Рис. 101. Схемы кротовых (а) и щелевых (б, в) дренажей.

крепляют гончарными или асбестоцементными трубами. Срок действия щелевых дрен в торфяных грунтах 4...6 лет.

Щелевой дренаж, как и кротовый, работает круглый год. Во влажные периоды года он отводит излишнюю гравитационную влагу из корнеобитаемого слоя почвы, в засушливые — за счет конденсации парообразной влаги повышает влажность почвы.

**Строительство дренажа.** Различают три способа строительства дренажа: траншейный, узкотраншейный и бестраншейный. Наиболее часто применяют траншейный способ. Землеройными машинами нарезают траншею шириной 0,5 м с предусмотренной проектом глубиной. На дно траншеи трубоукладчиком или вручную укладывают дренажные трубы (керамические или полиэтиленовые). Зазоры в стыках труб не должны превышать 2 мм (при наличии надежной защиты дренажа от заиливания могут быть и больше). Поперечный сдвиг труб допускается не более чем на  $\frac{1}{3}$  толщины их стенки. Стыки керамических труб обкладывают фильтрующим материалом, мхом, гравием, шлаком, торфом, прессованным стекловолокном и засыпают вынутым грунтом.

Траншейный способ строительства наиболее трудоемкий, но качество его высокое, так как можно контролировать процесс укладки дрен и вручную исправлять дефекты. Его применяют при любых условиях, в любых почвогрунтах.

При узкотраншейном способе строительства дренаж возможно устраивать только из пластмассовых труб. Процесс укладки непрерывной пластмассовой ленты здесь совмещен с нарезкой траншеи. Объем земляных работ при этом меньше, а производительность труда выше по сравнению с траншейным способом строительства. Узкотраншейный способ можно применять в любых почвогрунтах.

При бестраншейном способе строительства все работы представляют единый технологический процесс. Бестраншейный дреноукладчик отрывает узкую щель и на ее дно укладывает гибкие пластмассовые перфорированные дренажные трубы внутренним диаметром 40...50 мм. Производительность труда при таком способе укладки выше, чем при описанных выше. Но бестраншейный способ требует полной механизации всех элементов технологии строительства дренажа, достаточной точности, высокой надежности работы механизмов дреноукладчика, так как совершенно исключает возможность контроля за качеством работы и своевременного исправления дефектов. Его можно применять в любых почвогрунтах, за исключением тех, в которых содержится большое количество камней и крупных корней деревьев.

## § 87. Расчет осушительного действия дренажа

Осушительное действие дренажа зависит от глубины его заложения, расстояний между дренами, водопроницаемости осушаемых грунтов, интенсивности притока воды к дренам, требуемых норм и сроков понижения грунтовых вод и др. По характеру расположения дренажа относительно водоупорного слоя различают совершенные (расположены на водоупоре) и несовершенные (водоупор залегает на глубине, превышающей глубину заложения дрен) дренажи.

Осушительная сеть работает, как правило, в неустановившемся режиме, то есть приток воды к дренам и напор над дренами изменяются во времени в зависимости от количества выпадающих осадков и испарения. На практике все расчеты проводят по формулам, полученным для установившегося режима. Значения интенсивности притока  $q$  и напора  $h$  берут средние за рассматриваемый период.

Расстояния (м) между совершенными дренами для установившегося режима можно вычислить по формуле Кене — Брудастова:

$$B = 2\sqrt{K(h^2 - h_0^2)/q},$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации грунта, м/сут;  $q$  — интенсивность притока воды к дренам, м/сут;  $h$  — напор над дренами посередине междренного расстояния, отсчитывают от водоупора, м;  $h_0$  — высота слоя воды в дрене, отсчитывают от водоупора, м.

Необходимые расстояния (м) между несовершенными дренами (рис. 102) для установившегося режима их работы находят по формулам А. Н. Костякова и С. Ф. Аверьянова:

$$\text{при } B/T < 3 \quad B = \frac{\pi Kh}{q 2,31 \lg[(B/d) - 1]},$$

$$\text{при } B/T > 3 \quad B = 2h \sqrt{\frac{K}{q} \left(1 + \frac{2T}{h}\right) \alpha},$$

где  $T$  — глубина залегания водоупора, м;  $h$  — напор над дренами посередине междренья, м;  $d$  — диаметр дрены, м;  $K$  — коэффициент фильтрации грунта, м/сут;  $\alpha$  — коэффициент вязкости, учитывающий степень врезки дренажа в водоносный слой,

$$\alpha = 1 / \left(1 + \frac{2T}{B} 2,94 \lg \frac{1}{\sin[\pi d/(2T)]}\right).$$

За основной расчетный период принимают весенний. После окончания снеготаяния к началу полевых работ осушительная сеть должна понизить уровни грунтовых вод до требуемой нормы осушения. Продолжительность этого периода 10...15 сут.

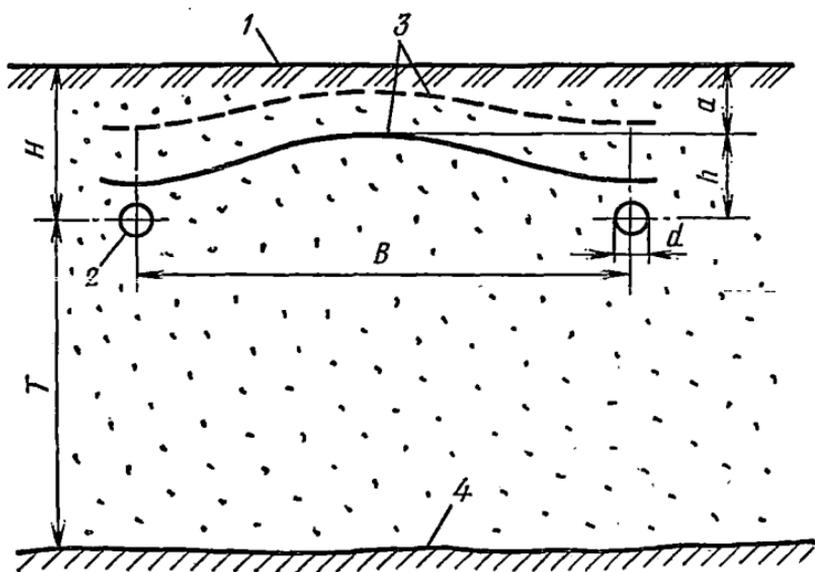


Рис. 102. Схема к расчету осушительного действия несовершенного горизонтального дренажа:

1 — поверхность земли; 2 — дрена; 3 — уровни грунтовых вод; 4 — водопупор.

Расчетный приток воды в осушительную сеть за весенний период определяют на основе водного баланса:

$$W = H_b + \mu a + P - E,$$

где  $W$  — слой воды, который необходимо отвести дренажем, м;  $H_b$  — слой воды, оставшийся на поверхности почвы после схода снега или выпадения осадков, приблизительно  $H_b = 0,01 \dots 0,02$  м;  $\mu$  — коэффициент водоотдачи грунта;  $a$  — требуемая норма осушения,  $a = 0,5 \dots 0,6$  м;  $P$  — количество осадков за рассматриваемый период, м;  $E$  — испарение за рассматриваемый период, м.

Средняя за весенний период интенсивность отвода воды (м/сут) осушительной сетью:

$$q = W/t,$$

где  $t$  — продолжительность расчетного периода, сут.

Напор над дренами в течение весеннего периода значительно изменяется — в начале периода почва полностью насыщена водой и уровень грунтовых вод близок к поверхности почвы, в конце периода грунтовые воды должны опуститься до требуемой нормы осушения. Средний за этот период напор:

$$h = H - 0,6a,$$

где  $H$  — глубина заложения дренажа, м.

Приведенные формулы можно использовать и для расчетов расстояний между открытыми каналами. При этом условный

диаметр дрены  $d = 0,5b_k + h_k$ , где  $b_k$  — ширина канала по дну, м;  $h_k$  — глубина воды в канале, м.

### § 88. Гидравлический расчет дренажа

Гидравлический расчет выполняют только для коллекторов. Диаметр дрен мелкой осушительной сети назначают с некоторым запасом, условно считая движение воды по дренам безнапорным, а их поперечное сечение полностью заполненным водой.

Расход воды (л/с), поступающей в коллектор:

$$Q = Fq_{др},$$

где  $F$  — площадь осушения (водосбора), обслуживаемая коллектором, га, определяют по плану осушаемой территории;  $q_{др}$  — модуль дренажного стока, л/(с·га). Часто значение  $q_{др}$  сильно меняется в зависимости от местных условий, иногда оно может быть в 1,5...2 раза больше вышеприведенных данных.

По вычисленному значению  $Q$  и принятому значению уклона коллектора  $i$  по графику Шпеттле (рис. 103) определяют диаметр труб и скорость течения воды по ним. При выборе скорости течения воды должно соблюдаться условие незаиливания дренажа.

### § 89. Сооружения на дренажной сети

Устья коллекторов (рис. 104) и дрен выходят на поверхность земли (на откосы водоприемника) и подвержены неблагоприятному воздействию различных внешних факторов (могут разрушаться при высоких уровнях воды, образовании льда, оползании откосов водоприемника и т. д.). Любая неисправность устья отрицательно сказывается на работе всей дренажной системы. Поэтому число устьев на системе принимают минимальным, а их конструкцию — надежной и прочной. Последняя дренажная трубка коллектора или дрены должна быть бетонной или асбестоцементной и заканчиваться в месте выхода на поверхность откоса железобетонным оголовком. Устье следует устраивать так, чтобы оно было защищено от обрушений откоса водоприемника, заносов и засорений.

Если коллектор впадает в быстро текущий поток, то трубу устья нельзя направлять против его течения. Нижний край трубы рекомендуется устанавливать на 10...15 см выше расчетного уровня воды в водоприемнике в посевной период. Служба эксплуатации осушительной системы должна тщательно следить за работой устьев. Перед весенним снеготаянием нужно скалывать лед, своевременно устранять заторы воды, неисправности после пропуска паводка.

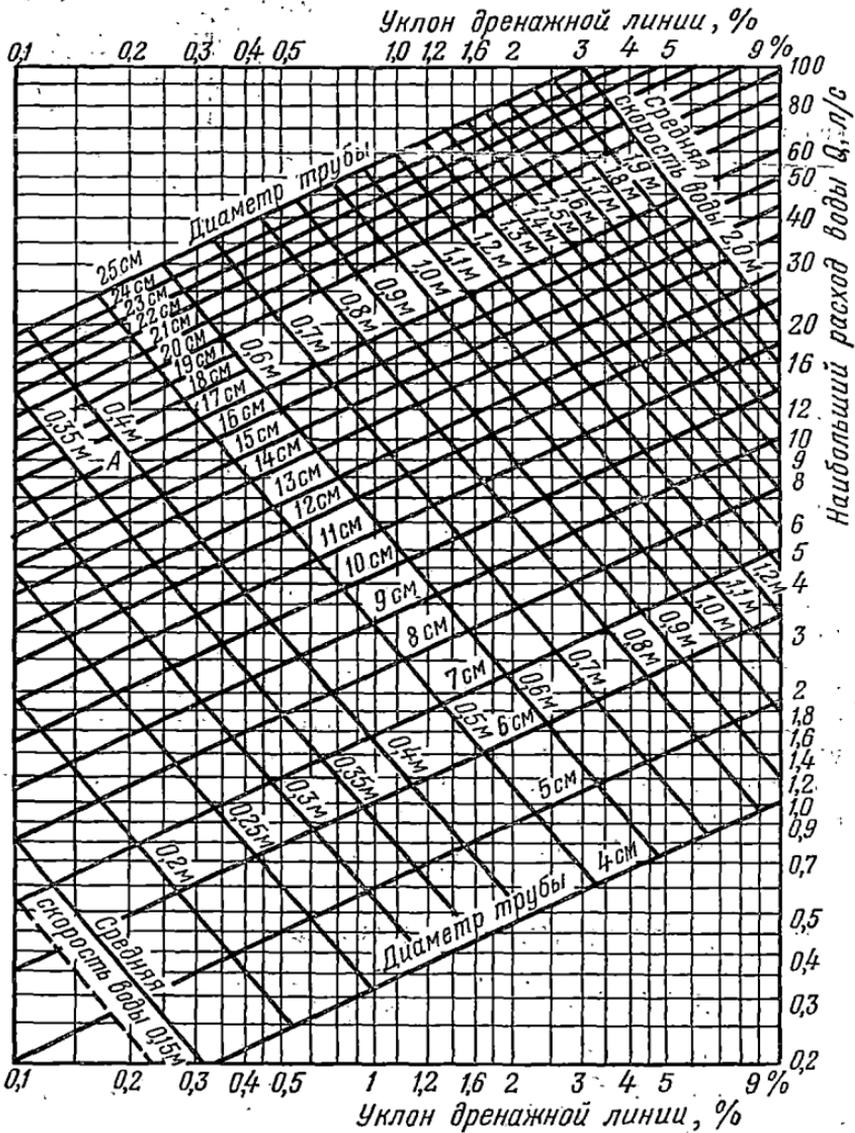
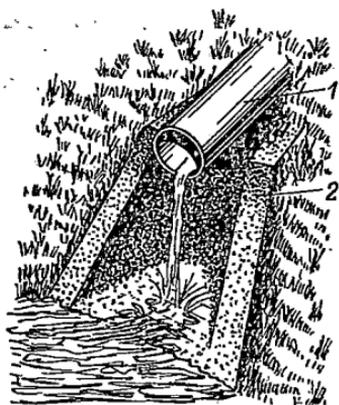


Рис. 103. График для гидравлического расчета дренажа.

Рис. 104. Устье коллектора:

1 — асбестоцементная труба; 2 — железобетонный оголовок.



Смотровые колодцы (рис. 105, а) необходимы для контроля и ухода за коллекторной сетью. Их устраивают во всех узлах дренажной системы, где сходится несколько коллекторов, в местах изменения вертикального или горизонтального направления коллектора, на прямолинейных участках дренажа через 100...400 м. Верх колодцев выводят на поверхность земли и закрывают крышкой или делают под землей ниже обрабатываемого слоя почвы, дно располагают на 30...45 см ниже дна дренажных труб. На дне оседают наносы (ил), которые периодически удаляют. Смотровые колодцы могут выполнять функции перепадов (рис. 105, б) при пересечении коллекторами местности с большим уклоном. Выполняют колодцы из кирпича, бетона квадратного поперечного шириной 70...80 см или круглого диаметром 70...80 см сечения.

Шлюзы-регуляторы регулируют уровень грунтовых вод на дренажной системе. Их выполняют в виде колодцев-регуляторов в любой части коллекторов или в виде шандорного затвора в устье коллекторов. Закрытие шандор вызывает подпор воды в дренажной сети, что приводит к повышению уровня грунтовых вод и благоприятному в засушливый период увлажнению корнеобитаемого слоя почвы.

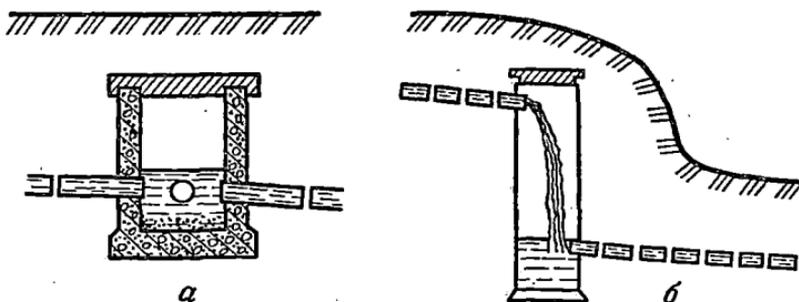


Рис. 105. Схемы смотрового колодца (а) и колодца-перепада (б) на дренажной системе.

## § 90. Осушение тяжелосуглинистых почвогрунтов

Избыточно увлажненные тяжелосуглинистые почвогрунты с преобладающим атмосферным водным питанием отличаются низкой водопроницаемостью, слабым гумусовым слоем, относятся к неструктурным. В них содержится очень мало гравитационной воды, поскольку разность между общим объемом пор и объемом капиллярных пор не превышает 10%. С глубиной влажность уменьшается.

Благоприятное регулирование водного режима таких почв обеспечивают следующие мероприятия: ускорение поверхностного стока, осушение земель закрытыми собирателями, осушение кротовым дренажем, введение правильных севооборотов (с посевом многолетних трав).

Мероприятия по ускорению поверхностного стока включают: вспашку и рядовой посев культур вдоль склона, посев культур по загону шириной 20...40 м, размежеванным разъемными бороздами глубиной не менее 30 см для отвода поверхностных вод, устройство нагорных каналов по верхней границе осушаемой территории при больших водосборах и нагорных борозд при небольших (нагорные каналы выводят в ближайшие понижения, а нагорные борозды — в разъемные борозды), рыхление пахотного слоя на глубину 40...50 см вместе со вспашкой. Эти мероприятия содействуют аккумуляции влаги и повышению аэрации почвы.

Устройство закрытых собирателей ускоряет сток поверхностных вод. Их выполняют в соответствии с рекомендациями А. Д. Брудастова. В траншеи, нарезанные через 40...60 м, глубиной 1,2...1,4 м укладывают трубы, по длине которых сделаны водопримные отверстия. Отверстия закрывают фильтрующим материалом, а сверху трубы засыпают песком, шлаком, гравием или другим водопроницаемым материалом до подошвы пахотного слоя. Вода с поверхности почвы через фильтр и водопримные отверстия поступает в трубы и отводится за пределы осушаемого слоя почвогрунта. Недостатки закрытых собирателей — невозможность механизации работ и высокая стоимость строительства. Например, стоимость строительства закрытых собирателей с фильтрующими засыпками из гравия и керамзита в условиях Московской области в 1,5...3 раза выше стоимости осушения закрытым керамическим дренажем (данные В. Я. Черненко).

Наибольшей эффективности осушения тяжелосуглинистых почвогрунтов достигают при устройстве кротового дренажа в сочетании с систематическим керамическим. Керамические дрены нарезают через 15...30 м глубиной 1,1...1,3 м. Кротовый дренаж

закладывают поперек систематического на глубину 0,5...0,6 м с расстоянием между дренами 1...1,5 м. Он ускоряет отвод избыточной влаги из корнеобитаемого слоя, улучшает условия аэрации почвы, аккумулирует излишнюю воду в подпахотных слоях, усиливает действие систематического керамического дренажа.

Еще лучшие результаты дает сочетание систематического керамического дренажа с глубоким рыхлением тяжелосуглинистых почв. Рыхление проводят поперек систематического дренажа специальными рыхлителями на глубину 0,7...0,8 м.

Для повышения плодородия слабокультуренных тяжелых глинистых и суглинистых осушенных почв северо-западной части РСФСР Северным научно-исследовательским институтом гидро-

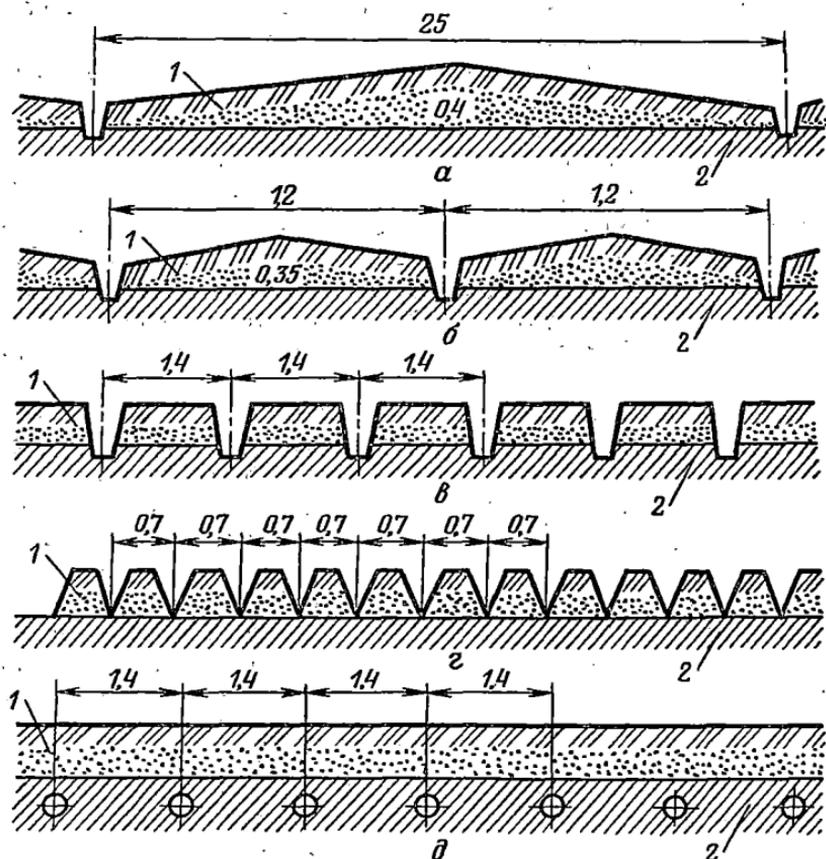


Рис. 106. Приемы регулирования водного и воздушного режимов почв (разработаны А. И. Климко, А. В. Снегеревой):

а — профилирование; б — узкозагонная вспашка; в — грядование; г — гребневание; д — кротование; 1, 2 — пахотный и подпахотный лон. Размеры в м.

техники и мелиораций и Северо-Западным научно-исследовательским институтом сельского хозяйства разработан комплекс агро-мелиоративных приемов обработки почвы, предусматривающий создание условий для быстрого отвода избыточной влаги весной; улучшение теплового режима почвы и усиление развития аэробной микрофлоры (рис. 106). Кротование почвы в названном комплексе приемов отличается от обычного кротового дренажа. Его проводят на меньшую глубину — на 15...17 см ниже плужной подошвы, одновременно со вспашкой или отделью. Кротовые дрены нарезают диаметром 7 см через 1...2 м.

В тяжелых глинистых и суглинистых почвах, на которых выполнен весь комплекс рекомендуемых агро-мелиоративных приемов обработки, улучшается аэрация, снижается кислотность почвенного раствора (с 5,3 до 7,1), значительно повышается степень насыщенности гидроксидами (с 57 до 86 %), увеличивается содержание доступного растениям фосфора, больше целлюлозных нитрифицирующих бактерий.

## § 91. Дороги на осушаемой территории

Нормальное функционирование осушительной системы и эффективное использование осушаемых земель возможны только при наличии дорог. Их следует прокладывать сразу после окончания работ по регулированию водоприемника и строительства открытых проводящих каналов.

По своему назначению дороги делятся на следующие: межхозяйственные, соединяющие хозяйства с районными центрами, станциями железных дорог и т. п.; внутрихозяйственные, соединяющие центральную усадьбу с межхозяйственными дорогами, отделениями и т. п.; эксплуатационные, обеспечивающие осмотр, уход и ремонт осушительной системы и вывоз сельскохозяйственной продукции; полевые, соединяющие отдельные поля севооборота с основными эксплуатационными, внутрихозяйственными и межхозяйственными дорогами, предназначенные для вывоза урожая с полей, развозки удобрений, проезда сельскохозяйственной техники.

Расположение дорог, особенно внутрихозяйственных, должно быть увязано с расположением осушительной сети, а их протяженность — по возможности минимальной.

На территории, осушенной открытыми каналами, дороги проводят вдоль крупных каналов (по наиболее осушенным местам), а также на каждом участке между каналами. Если дорога не проходит вдоль проводящего канала, ее трассу осушают двумя параллельными каналами, нарезаемыми с обеих ее сторон, глубиной 1...1,2 м. Ширину дорог принимают не менее 7 м, чтобы

обеспечить проезд сельскохозяйственных машин и агрегатов. Подотна крупных дорог укрепляют гравием, щебнем и др.

На минеральных почвах дороги отсыпают из грунтов, взятых из кавальеров каналов, а на торфяниках — из минеральных, лучше песчаных.

Протяженность полевых дорог на 1 км<sup>2</sup> осушаемой территории допускается на овощных севооборотах 2...2,5 км, полевых — 1...1,4, на сенокосах и пастбищах — 0,5...0,7 км (рекомендации Ленинградского государственного института по проектированию мелиоративного и водохозяйственного строительства).

## **Глава 12. ВОДОПРИЕМНИКИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОСУШЕНИЯ**

### **§ 92. Водоприемники**

Водоприемником осушительной системы может быть река, озеро, пруд, ручей и т. д. Его задача — принимать воду с осушаемой территории (обычно из магистрального канала) и обеспечивать бесподпорную работу осушительной системы. Подпор воды со стороны водоприемника снижает скорость движения воды, вызывает отложение наносов в каналах, уменьшает их пропускную способность, что приводит к подъему уровня грунтовых вод, заболачиванию осушаемой территории.

Часто в качестве водоприемников приходится использовать заболоченные реки. Но для того, чтобы такие реки могли без подпора принимать воду из осушительной системы, необходимо улучшить их гидрологический режим. С этой целью проводят мероприятия по регулированию русла водоприемника. Методы регулирования зависят от причин, вызывающих заболачивание русла.

Реки заболоченных древнеозерных пойм сильно заторфованы, имеют малую пропускную способность вследствие зарастания, заиления и заторфовывания, по длине русла наблюдаются перекаты. Уровень воды в них в летний период стоит близко к поверхности и подпирает грунтовые воды поймы. Такие реки не могут быть хорошим водоприемником. При регулировании их устраняют причины, вызывающие заболачивание, создают условия для своевременного приема и отвода воды с осушаемой территории без подпора осушительной сети: увеличивают площадь живого сечения и уклон по длине реки, уменьшают шероховатость русла. При этом русло углубляют и расширяют до таких размеров, при которых обеспечивается необходимое понижение уровня воды в реке и своевременный отвод паводковых вод. Водоприемник должен полностью вмещать и летние павод-

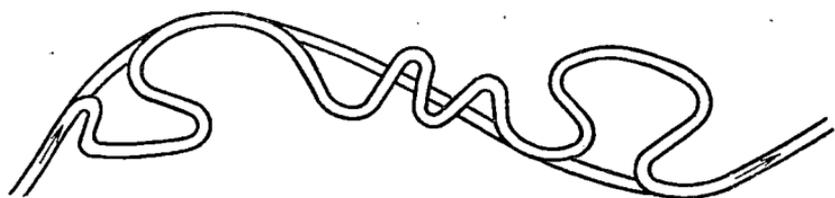


Рис. 107. Схема спрямления русла реки.

ковые расходы. Откосы и дно его должны быть устойчивыми против размыва и оползания, очищены от зарослей кустарников и травянистой растительности. Расчистка русла уменьшает шероховатость, повышает скорость течения воды, обеспечивает пропуск тех же расходов воды при меньшей глубине его наполнения.

Дну реки при ее регулировании на всем протяжении следует придавать равномерный уклон —  $0,002...0,0002$ , а руслу в плане — плавное криволинейное очертание. Увеличение уклона русла достигается спрямлением сильноизвилистых участков (рис. 107). При этом стремятся обычно не только сократить длину реки, но и придать ей в плане вид плавно изогнутого канала примерно с одинаковым поперечным сечением. Но к спрямлению отдельных извилистых участков прибегают в исключительных случаях: только в зоне избыточного увлажнения, когда другими приемами нельзя улучшить гидрологический режим реки, а также когда река почти полностью теряется в болотистом массиве. В других случаях в целях сохранения профиля реки ограничиваются расчисткой и углублением ее русла.

Река-водоприемник на всем протяжении должна иметь равномерный режим движения воды, что достигается выравниванием ширины русла устройством полузапруд или траверсов. На небольших заболоченных реках полузапруды выполняют из однорядного или двухрядного плетня (рис. 108). Пространство между

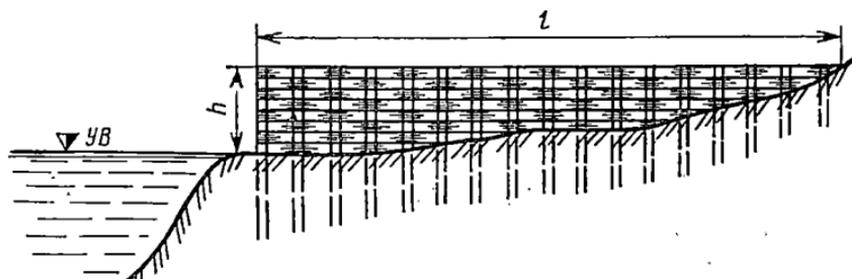


Рис. 108. Схема создания равномерного режима движения воды в реке.

плетнями заполняют почвогрунтом или дерниной. Плетневые полузапруды прочно сопрягают с берегом реки. Их сооружают под углом  $110...120^\circ$  по направлению течения воды. Длина полузапруд определяется шириной русла, высота — отметкой летнего уровня воды в реке. Расстояния между полузапрудами обычно принимают в пределах трех-четырех их длин. Скорость течения воды между полузапрудами уменьшается, усиливается осаждение наносов. Ширина русла в таких местах уменьшается, скорости движения воды в реке выравниваются.

### § 93. Осушение подтопленных пойменных земель в зоне рек

Подтопление сельскохозяйственных угодий на пойменных землях обусловлено высоким стоянием уровня воды в реке и подъемом вследствие этого уровня грунтовых вод. Водный и воздушный режимы в корнеобитаемом слое таких земель неблагоприятны для растений. Пойменные земли постепенно превращаются в избыточно увлажненные, их продуктивность в результате появления влаголюбивой растительности (осоки, хвоща и др.) снижается.

Для защиты от подтопления и предотвращения заболачивания пойм строят закрытый и открытый береговой дренаж вдоль реки на некотором расстоянии от берега. Его задача — перехватить фильтрующиеся воды из реки в пойму и снизить подпор грунтовых вод. Наиболее эффективен береговой дренаж (закрытый или открытый), проложенный на уровне (или ниже) отметок исходного (до подтопления) уровня реки (рис. 109). Сброс воды из берегового дренажа должен располагаться ниже места подпора (плотины).

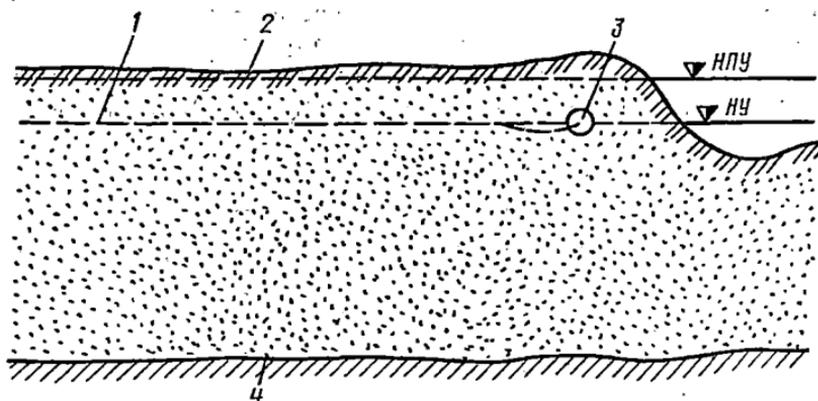


Рис. 109. Схема берегового дренажа:

1, 2 — уровни грунтовых вод до подпора рекой и после подпора; 3 — береговой дренаж; 4 — водосбор.

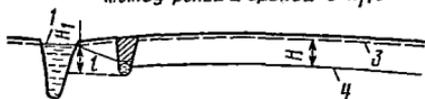
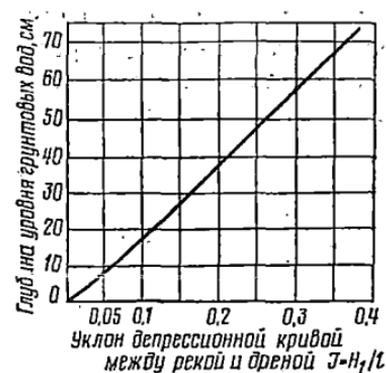


Рис. 110. Зависимость понижения грунтовых вод береговой дренажной от ее глубины:

1 — река; 2 — береговая дрена; 3, 4 — уровни грунтовых вод до закладки береговой дренажной и при ее действии.

Зависимость понижения грунтовых вод береговой дренажной (со стороны поймы) от ее глубины и расстояния между рекой и дренажной имеет вид (рис. 110):

$$H = 90H_1/L,$$

где  $H$  — понижение поверхности грунтовых вод с низовой стороны береговой дренажной, м;  $H_1$  — разность между уровнем воды в реке и береговой дренажной, м;  $L$  — горизонтальное расстояние между береговой дренажной и рекой, м.

Действие береговой дренажной сказывается тем сильнее, чем больше понижается уровень воды в ней и чем ближе она расположена к реке.

Если при высоком уровне воды в реке в пойму выклинивается еще сильный поток грунтовых вод со стороны коренной террасы, его снижают с помощью ловчего дренажа (открытого или закрытого).

## § 94. Обвалование рек

Для защиты пойменных земель от затопления паводковыми водами берега рек и их притоков обваловывают незатопляемыми и затопляемыми дамбами.

Гребень незатопляемых дамб устраивают выше наивысшего паводкового уровня воды на 1...2 м. Если пойменные земли будут заняты сельскохозяйственными культурами, до начала посева которых допускается затопление почвы водами ранних весенних паводков (несут ил, повышающий плодородие почв), то в дамбах устраивают шлюзы-регуляторы. Шлюзы регулируют сроки, продолжительность и глубину затопления пойм. Поверхностные и грунтовые воды удаляются с помощью закрытой или открытой осушительной сети (и значительно быстрее, чем понижается уровень воды за дамбой в реке) или сбрасываются самотеком через шлюз-регулятор.

При незатопляемых дамбах водным режимом обвалованных земель можно управлять в течение всего года.

Затопляемые дамбы строят в случае, когда в течение определенного времени допускается затопление территории. Вода поступает на обвалованные земли через гребень дамбы и шлюзы-регуляторы. Основное назначение таких дамб предотвращать летнее и осеннее затопление пойм. Они менее надежны, чем незатопляемые дамбы, не обеспечивают управления водным режимом обвалованных земель.

Чтобы не допустить затопления пойменных земель притоками обвалованной реки, в местах пересечения их русел с дамбой также устраивают шлюзы-регуляторы или притоки обваловывают.

Поперечное сечение дамбы имеет форму трапеции (рис. 111). Ширину гребня затопляемой дамбы принимают 2...3 м, незатопляемой — 4...6 м. Заложение откосов зависит от высоты дамбы, характера грунта ее тела и обычно со стороны реки составляет 2...3,5, со стороны сухого откоса — 2...3. Мокрый откос дамбы укрепляют дерном, камнем, фашинами, сухой покрывают плодородной почвой слоем 12...15 см и засевают травами. Плодородный растительный слой снимают с площади, отведенной под основание дамб, перед их отсыпкой. Если грунт дамбы водопроницаемый и рыхлый (песчаный, торф), то мокрый откос делают более пологим (1:5; 1:6), сверху покрывают слоем глины 0,8...1 м (экраном) и тщательно уплотняют. Но и после обвалования реки часть воды из нее будет просачиваться в пойму, и особенно в период высокого уровня воды в ней. Удаляется такая вода осушительной сетью поймы.

Обвалование рек — дорогостоящее мероприятие, поэтому к нему прибегают только в случае крайней необходимости: при защите от затопления населенных пунктов, ценных сельскохозяйственных угодий, садов, огородов, обширных лугов, пастбищ, полей и др.

За рубежом обвалование широко применяют от затопления морскими приливами пологих морских берегов. На защищенных

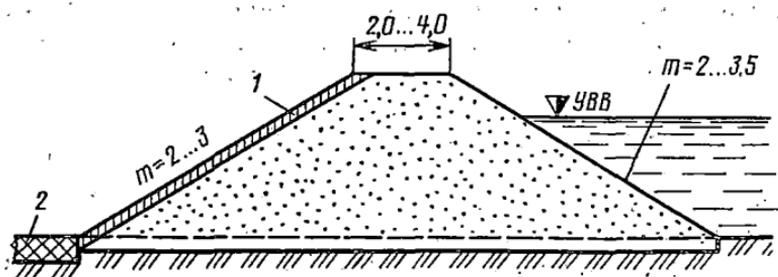


Рис. 111. Поперечное сечение дамбы при обваловании реки:  
1 — дерн; 2 — растительный слой.

берегах (польдерах) возделывают сельскохозяйственные культуры. Они обычно покрыты мощным слоем плодородного ила и после осушения дают значительную осадку. Уровень поверхности польдеров бывает на 1,5...2 м ниже уровня моря.

## § 95. Кольматаж

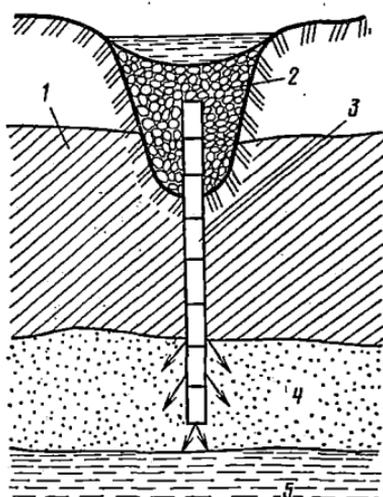
В пониженных местах поймы в период затопления весенними паводковыми водами при отсутствии течения воды интенсивно откладывается ил. Поверхность поймы постепенно повышается. Такое явление называют кольматажем.

Кольматаж может происходить естественным и искусственным (при вмешательстве человека) путем. Чтобы вызвать интенсивный процесс кольматации, в пойме устраивают мелкие отстойники в виде чёков. В отстойники пускают паводковую воду. После отстаивания осветленную воду сбрасывают в реку.

Кольматаж применяют в поймах, где речные воды несут большое количество наносов и где другие приемы мелиорации поймы по хозяйственным соображениям нецелесообразны.

## § 96. Осушение с помощью поглощающих колодцев

Мелкие водоемы, замкнутые западины, в которых застаивается талая и дождевая вода, осушают с помощью вертикальных поглощающих колодцев (рис. 112). В низком месте дна водоема закладывают буровую скважину, которая прорезает водонепроницаемый верхний слой. Нижняя часть ее (забой) должна заканчиваться в хорошо водопроницаемом грунте, обычно песчаном.



Диаметр скважины принимают 15...20 см. Стенки ее крепят асбестоцементными или керамическими трубами. Верхний оголовок трубы оборудуют фильтром: из песка, мелкого и крупного гравия.

Если верхний водонепроницаемый слой имеет небольшую мощность, то вместо поглощающего колодца-скважины устраивают

Рис. 112. Схема поглощающего колодца:

1 — глинистый слой; 2 — фильтрующая засыпка; 3 — дренажные трубы; 4 — песок; 5 — грунтовые воды.

вают колодец-шурф размером  $1 \times 1$  м. Дно его должно касаться песчаного слоя.

Для предохранения от заиления нижнюю треть колодца заполняют мелким гравием, а сверху колодцы засыпают крупным гравием или кирпичной щебенкой.

## § 97. Осушение с машинным водоподъемом

Осушение с машинным водоподъемом применяют на землях, расположенных ниже уровня воды в водоприемнике, — низменностях, прилегающих к морям, заливам, озерам, дельтам рек, впадающих в моря, участках пойм, находящихся в подпоре со стороны реки. При этом стремятся, чтобы большая часть воды с осушаемой территории отводилась самотеком, оставшуюся часть воды перекачивают в водоприемник с помощью насосных станций.

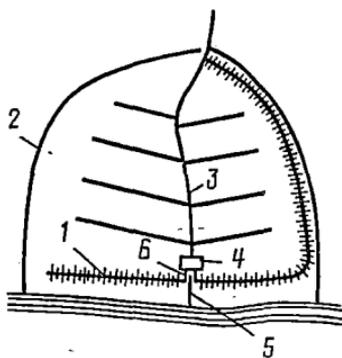
Осушаемые низменности защищают от затопления обвалованием, от притока воды с прилегающих водосбросов — нагорными каналами. Все водотоки, проходящие через осушаемую территорию, также обваловывают и в определенном месте на них сооружают самостоятельный спуск воды в водоприемник.

Осушительную систему выполняют в виде открытых каналов или дрена (рис. 113). Глубина осушительной сети и расстояние между каналами и дренами зависят от свойств почвогрунта осушаемой территории и характера ее дальнейшего использования. Осушительные каналы должны иметь по возможности минимальный уклон (до 0,0005) в целях уменьшения высоты подъема воды при перекачке в водоприемник. Для увеличения пропускной способности каналов при малом уклоне увеличивают их размеры (в основном ширину по дну), что ведет к росту объема и стоимости работ по устройству и эксплуатации осушительной системы.

Осушительную систему обычно проектируют в двух вариантах с водосборным бассейном и без него. Потом варианты сравнивают и выбирают наиболее экономически эффективный. Устройство водосборного бассейна уменьшает зависимость работы насосной станции от изменяющихся во времени (в зависимости от

Рис. 113. Схема осушения с машинным водоподъемом:

1 — защитные валы; 2, 3 — ограждающие и магистральный каналы; 4 — насосная станция; 5 — водовыпуск; 6 — водосборный бассейн.



метеорологических и гидрогеологических факторов) расходов в осушительных каналах и дренах и позволяет использовать на системе насосную станцию меньшей мощности.

Высота подъема воды насосными станциями при осушении обычно небольшая, поэтому они чаще бывают низконапорными. Мощность их:  $N = \gamma QH / (75\eta)$ ,

где  $\gamma$  — плотность воды, равна  $1 \text{ т/м}^3$ ;  $Q$  — расчетный расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $H$  — полный манометрический напор насосной станции (геодзическая высота подъема + потери напора в трубопроводе), м;  $\eta$  — КПД насосной установки, составляет  $0,5 \dots 0,75$ .

Расчетный расход  $Q$  равен произведению площади осушения на модуль стока осушаемой территории. Модуль стока, по данным А. Н. Костякова, для площади осушаемого участка до 1000 га составляет  $1,3 \dots 1,8 \text{ л/(с} \cdot \text{га)}$ .

### § 98. Осушение вертикальным дренажем

Осушение вертикальным дренажем применяют при однородном строении, достаточной мощности и хорошей водопроницаемости водоносного слоя, вызывающего заболачивание земель. На территории, нуждающейся в осушении, отрывают вертикальные колодцы или устраивают скважины. Воду, заполняющую их, откачивают насосами и отводят в водоприемники или используют на хозяйственные нужды. Этим достигается значительное понижение уровня грунтовых вод в зоне действия колодца или скважины.

Глубина колодца или скважины должна соответствовать нужной глубине откачки воды и выпускаемому насосному оборудованию. В нижней части колодца или скважины устанавливают фильтр, через который в них поступает грунтовая вода из водоносного горизонта.

Если расход колодца составляет  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), а диаметр —  $D$  (м), то действующая высота фильтра:

$$h = CQ / (Dv),$$

где  $C = 1 \dots 1,6$ ;  $v$  — скорость движения грунтовой воды, зависящая от крупности частиц водоносного слоя. По данным А. Н. Костякова:

$v = 0,002 \text{ м/с}$	если 60 %	зерен песка	имеют диаметр	1 мм;
$v = 0,001 \text{ м/с}$	» 40 %	»	»	0,5 мм;
$v = 0,0005 \text{ м/с}$	» 40 %	»	»	0,25 мм.

Отверстия сетки фильтра не должны оказывать большого сопротивления течению воды в скважину и пропускать в колодец или скважину в гравелистых грунтах более 30 %, а в песчаных — более 40 % мелких частиц водоносного слоя.

При малом диаметре колодца ограничивается сфера его влияния и увеличивается сопротивление при входе воды в фильтр, поэтому в хорошо водопроницаемых грунтах в целях обеспечения нужного дебита диаметр колодца должен быть большим.

Расположение дренажных колодцев на осушенной площади может быть:

площадным (равномерным). Колодцы могут работать независимо один от другого. Уровень грунтовых вод понижается на всей осушаемой территории;

линейным (в один-два ряда). Створ колодцев выполняют перпендикулярно к направлению потока грунтовых вод. Они должны работать одновременно и перехватывать всю воду этого потока. Число колодцев при площадном расположении на осушаемой территории:  $N = F/(\pi R^2)$ , или  $N = V/(TQ)$ ; при линейном расположении:  $N = L/(2R)$ ,

где  $F$  — осушаемая площадь,  $\text{м}^2$ ;  $R$  — радиус действия колодца,  $\text{м}$ ;  $L$  — длина контура потока грунтовых вод на осушаемой площади,  $\text{м}$ ;  $Q$  — дебит колодца,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $T$  — продолжительность откачки воды из колодца,  $\text{с}$ ;  $V$  — необходимый объем откачки,  $\text{м}^3$ .

При расчете вертикального дренажа сначала определяют объем воды  $V$ , который должен быть откачан из дренажного колодца насосной установкой с учетом оптимальной нормы осушения и режима грунтовых вод в вегетационный период. Затем устанавливают время  $T$ , за которое будет откачан объем воды  $V$ .

Воду из колодцев и скважин можно откачивать:

с переменным расходом, по мере подъема грунтовых вод. Насосы при этом работают неравномерно;

с постоянным расходом. Продолжительность откачки удлиняется, но насосы при этом работают более равномерно. В период малого притока уровень грунтовых вод вокруг колодца сильно понижается, образуется как бы подземный резервуар, который в период большого притока заполняется грунтовой водой. В результате в вегетационный период влажность почвы осушаемой территории регулируется равномернее.

Необходимый объем откачки в единицу времени равен отношению  $V:T$ . Далее устанавливают наиболее выгодный дебит одного колодца  $Q$ . С повышением  $Q$  увеличивается глубина откачки грунтовых вод  $h$ , а следовательно, становится дороже подъем  $1 \text{ м}^3$  воды. Но с увеличением  $Q$  и  $h$  возрастают радиус действия колодца  $R$  и площадь осушения одним колодцем, то есть число колодцев можно уменьшить.

Пробными откачками устанавливают связь между дебитом колодца, глубиной откачки и радиусом его действия. При отсутствии возможности проведения пробной откачки связь между  $D$ ,  $h$  и  $R$  можно установить по теоретическим формулам дебита колодцев.

Влияние колодцев при понижении уровня воды в них распространяется в радиусе 200...1000 м (в зависимости от водопроницаемости водоносного слоя, глубины и дебита откачки). Расстояние между дренажными колодцами устанавливают с таким расчетом, чтобы создаваемые ими при откачке грунтовых вод поверхности депрессионных кривых пересекались на необходимой глубине (норма осушения).

Дебит дренажных колодцев в глинистых водоносных горизонтах составляет 3...4 л/с на 1 м понижения уровня воды, в галечниковых водоносных — 30...40 л/с.

Эксплуатационные затраты вертикального дренажа выше, чем горизонтального.

При осушительных работах не надо забывать и о мероприятиях по охране окружающей среды. Их проводят в соответствии с действующим руководством по проектированию осушительных систем (ВТР-П-8 — 76).

## § 99. Эксплуатация осушительных систем

Чтобы осушительные системы действовали многие годы, необходимы постоянный надзор и уход за всеми их элементами, своевременное устранение повреждений на каналах, дренаже, водоприемнике и др.

Осушительные системы подвергаются воздействию различных природных факторов (биологических, климатических и гидрологических). Каналы зарастают тростником, осоками, кустарником и другой влаголюбивой растительностью. Под действием аэробных бактерий интенсивнее разлагается торф. Откосы каналов при периодическом замерзании и оттаивании, под действием стекающей по ним воды постепенно оползают и обрушиваются. При малых скоростях течение воды в каналах отлагаются наносы, они заиливаются. В результате осадки торфа после осушения поперечные сечения каналов деформируются, изменяется их продольный уклон, образуются перекаты и т. д.

На системах, осушенных закрытым дренажем, часто наблюдаются повреждение и заиливание дрен и коллекторов, вращание корней растений в дрены и др. Устья коллекторов подмываются, оседают, земля обрушивается и засоряет выход в магистральный канал.

По содержанию и объему работ ремонт осушительной сети подразделяют на текущий и капитальный.

Текущий ремонт включает:

подготовку осушительных систем к пропуску половодий. Своевременно удаляют завалы, искусственные перемычки, очищают каналы и трубчатые переезды от мусора и наносов, выру-

бают кустарники, создающие подпоры и затрудняющие свободный ток воды по каналам и т. д. Наиболее трудоемкие земляные работы по возможности следует механизировать. При строительстве новых трубчатых переездов берут трубы такого диаметра, чтобы весной при пропуске паводка они смогли сбросить и пропустить расчетные расходы воды;

осмотр каналов и сооружений на них после пропуска паводка и подсыхания почвы, очистку каналов труб в устьях коллекторов и на откосах каналов от наносов, мусора и отложений ила. При деформации каналов, вызванной осадкой торфа, углубляют их дно, подсыпают бермы, ремонтируют дороги, мосты, места переездов и переходов через осушительные каналы. Ремонтные работы выполняют в весенний и летне-осенний периоды (май — октябрь);

обкашивание и удаление травянистой растительности вручную (июнь, июль).

Текущий ремонт проводят согласно предварительно составленному плану с указанием сроков его выполнения, объема работ, а также затрат труда, материалов и денежных средств. План работ включают в производственно-финансовый план хозяйства или эксплуатационного управления осушительных систем.

Капитальный ремонт осушительной сети рекомендуется выполнять через 10...15 лет, а водоприемников — через 10...12 лет.

При систематическом уходе за осушительной сетью и своевременном текущем ремонте сроки проведения капитального ремонта увеличиваются до 20 лет.

Сроки капитального ремонта керамического дренажа обычно составляют 30 лет и более.

## **Глава 13. ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

### **§ 100. Общие положения**

Водный режим почвы на осушенных землях в летний период зависит от метеорологических условий, и главным образом от соотношения осадков, температуры и влажности воздуха. Чтобы исключить такую зависимость, постоянно поддерживать оптимальный водный режим корнеобитаемого слоя, строят осушительные системы двухстороннего действия — осушительно-увлажнительные. Они отводят воду во влажные периоды вегетации и поддерживают уровень грунтовых вод на нужной глубине в засушливые.

Для дополнительного увлажнения осушаемых земель при сильном снижении грунтовых вод применяют шлюзование осушительных каналов и дрен и орошение.

## § 101. Шлюзование каналов и дрена

В засушливые периоды вегетации возникает необходимость прекращения стока воды и дальнейшего снижения уровня грунтовых вод. Это достигается шлюзованием осушительной системы.

Шлюзы располагают на осушительных каналах (со щитами) и в устье коллекторов (с шандорами) (рис. 114). При закрытии щитов и шандоров сток воды по каналам и коллекторам прекращается. Депрессионная поверхность грунтовых вод между осушительными каналами постепенно приобретает вогнутую форму (рис. 115), начинается подъем грунтовых вод на территории между каналами, повышение уровня воды в каналах.

Шлюзование дает наибольший эффект на почвах с хорошей и средней водопроницаемостью и на сравнительно ровных площадях. На открытой осушительной сети существенным его недостатком является то, что при длительном подпоре (более 11 сут) воды в каналах травянистая растительность, закрепляющая откосы, гибнет, их устойчивость снижается и они начинают оползать. Закрытый дренаж обычно проектируют со значительным уклоном (0,002...0,003), который приводит к неравномерному увлажнению почвы при шлюзовании осушительной системы. Этот недостаток можно устранить, проложив малоуклонный и безуклонный дренаж. Однако для такого дренажа следует предусматривать специальные мероприятия, предотвращающие заиливание дрен.

Шлюзование может быть предупредительным и увлажнительным. Предупредительное шлюзование выполняют в период спада весеннего половодья, когда уровень грунтовых вод стоит еще высоко, увлажнитель-

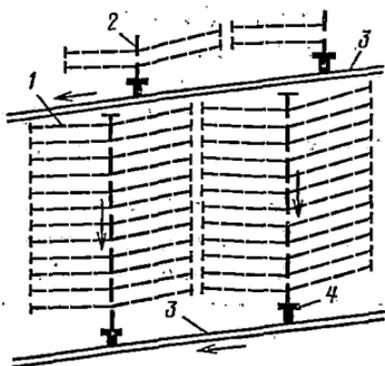


Рис. 114. Схема закрытой осушительно-увлажнительной системы:

1 — дрены; 2 — коллектор; 3 — открытый канал; 4 — шлюз-регулятор.

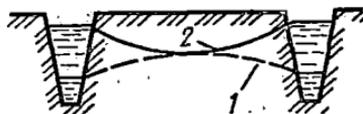


Рис. 115. Схема депрессионной поверхности грунтовых вод между осушительными каналами.

ное — для дополнительной подачи воды в осушительную систему в требуемые сроки и для поддержания уровня грунтовых вод на оптимальной глубине. Дополнительный объем воды при шлюзовании подают из водоисточника по специальным каналам и трубопроводам.

Для более равномерного увлажнения почвы каналы и закрытый дренаж иногда дополняют кротовым дренажем, а также осуществляют различные агрономелиоративные мероприятия.

## § 102. Орошение осушаемых земель

При орошении осушаемых земель растения быстро обеспечиваются водой в засушливые периоды вегетации.

На осушенных пойменных болотах, где возможно задержание вод весеннего половодья, применяют одноразовое лиманное орошение. Кроме увлажнительного, такое орошение оказывает еще удобрительное, кольтатирующее и окислительное влияние на почву. Интенсивность отложения ила зависит от глубины стояния паводковой воды в пойме. Так как по мере удаления от реки глубина воды в паводок снижается, то и количество осевшего ила уменьшается, что сильно сказывается на урожае трав. Так, в пойме р. Яхромы урожайность тимофеевки изменилась в зависимости от расстояния посевов от реки следующим образом: при расстоянии 500 м — 7,4 т/га, 700 м — 5,8, 1000 м — 3,6 т/га. Благодаря поглощению почвой большого количества минеральных веществ, бактерий, кислорода микробиологические процессы в ней развиваются более активно: торф быстрее разлагается, увеличивается содержание активного азота.

Лиманы можно устраивать многоярусными из почвогрунта с пологими откосами (коэффициент заложения 1:3...1:4) в целях обеспечения переезда сельскохозяйственных машин при обработке почвы, уходе за культурами и уборке. Высоту валиков на мелководных лиманах берут в пределах 0,8...1,2 м, на глубоководных — до 2 м. Срок затопления кормовых культур допускается 15 сут.

При лиманном орошении не всегда достигается равномерное увлажнение почвы — площадь затопления меняется по годам, в зависимости от колебаний стока. Весеннее затопление каналов способствует их быстрому заилению и разрушению русл. Все это препятствует широкому распространению лиманного орошения на осушенных землях.

Для регулярного орошения сельскохозяйственных культур на осушаемых землях строят оросительную систему (рис. 116). Такая система должна иметь самостоятельный источник орошения, из которого вода подается в главный водопроводный канал (проходит по более высоким отметкам местности). Увлажнение осу-

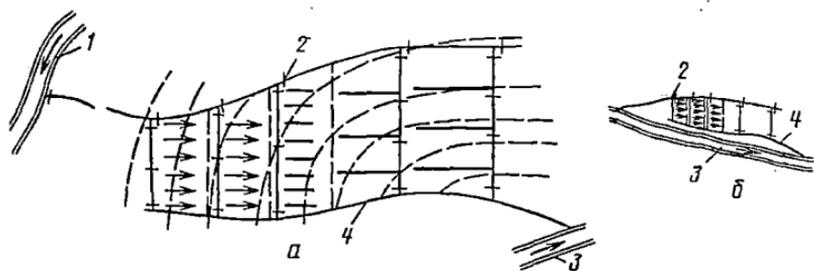


Рис. 116. Схемы оросительной системы на осушаемых землях:

*а* — обобщенная; *б* — водоотсточником и водоприемником служит одна и та же река; 1 — источник орошения; 2, 4 — главный водопроводящий и магистральный осушительный каналы; 3 — река.

шенных земель возможно инфильтрацией (путем поддержания в оросительных каналах нужного уровня воды), напуском по полосам с регулированием при этом уровня воды в каналах с помощью шлюзов, а также дождеванием с помощью дождевальных устройств. Избыточную воду отводят осушительные каналы.

Оросительную сеть можно совместить с осушительной. То есть в этом случае осушительная сеть будет выполнять и функции оросительной. Если осушительная сеть открытая, то при дождевании расстояния между осушительными каналами должны быть согласованы с шириной захвата и радиусом действия дождевальных устройств. Если осушительная сеть закрытая, то на коллекторах устраивают колодцы, из которых дождевальные устройства будут забирать воду на полив.

Дождевание наиболее часто применяют для дополнительного увлажнения осушаемых земель.

### § 103. Увлажнение почв при вертикальном дренаже

Ранней весной перед началом полевых работ, в годы с влажным вегетационным периодом, во время уборки урожая и в дождливую осень осушительно-увлажнительная система на базе вертикального дренажа должна работать в режиме осушения, то есть в работу включают все или часть скважин вертикального дренажа для понижения уровня грунтовых вод. Воду, откачиваемую из скважин, отводят за пределы осушаемой территории и в наливные водоемы. Изменением режима интенсивности откачки грунтовые воды поддерживают на оптимальном для возделываемых сельскохозяйственных культур уровне. В период интенсивной откачки вблизи скважин образуются глубокие воронки депрессии поверхности грунтовых вод, однако через 2...6 ч после ее прекращения они заполняются водой, притекающей с прилегающей территории.

В засушливые периоды вегетации при снижении уровня грунтовых вод ниже нормы осушения для данных культур система вертикального дренажа должна работать в режиме орошения. С помощью насосов грунтовые воды забирают из колодцев и по трубопроводам подают к дождевальным машинам или установкам. В зависимости от принятого режима орошения воду можно сначала собирать в регулирующих бассейнах или наливных водоемах, а затем подавать на орошение. С забором воды из скважин уровень грунтовых вод может еще сильнее понизиться, но при поливе соответствующими поливными нормами в корнеобитаемом слое будет поддерживаться благоприятный для выращивания сельскохозяйственных культур водный режим.

Осушительно-увлажнительную систему на базе вертикального дренажа наиболее целесообразно применять в условиях Белорусского Полесья на осушенных землях, отводимых под культурные сенокосы и пастбища.

#### **Глава 14. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

После осушения территории в целях приведения неплодородной почвы в культурное состояние проводят комплекс культуртехнических мероприятий: срезку древесно-кустарниковой растительности, корчевку и удаление пней, очистку осушенной площади от камней; удаление кочек, планировку поверхности, первичную обработку поверхности почвы.

#### **§ 104. Срезка и запашка древесно-кустарниковой растительности**

Для удаления крупных деревьев с осушаемых земель применяют обычные лесозаготовительные приемы. Стрельчатые деревья используют в качестве деловой древесины, нестрельчатые идут на дрова.

Мелкий лес и кустарник срезают кусторезами. Если гумусовый слой на осушаемых землях составляет 25 см и более, кустарник высотой менее 25 см можно запахивать кустарниково-болотными плугами. Основная масса запахиваемого кустарника должна находиться в гумусовом слое, заглубление в нижележащие подзолистые слои допускается не более чем на 5 см. Через два-три года запаханная масса кустарника почти полностью разлагается. При этом почва получает дополнительно органической массы 45...80 т на 1 га, что улучшает ее водно-физические свойства и аэрацию, повышает плодородие. Перед запашкой с поверхности почвы следует убрать крупные камни и пни. До полного разложе-

ния запаханного кустарника вспашка почвы не допускается, вместо нее рекомендуется проводить дискование тяжелыми дисковыми боронами. Запашка кустарника в гумусовый слой обходится значительно дешевле его срезки кусторезами.

Торфяные почвы, заросшие кустарником и мелким лесом, засоренные погребенной древесиной, покрытые пнями и кочками, фрезеруют различными фрезерующими агрегатами. При этом кустарниковая растительность и погребенная древесина измельчаются и перемешиваются с почвогрунтом (на глубину до 40 см). Фрезерующий агрегат за один проход выполняет весь комплекс работ по подготовке поверхности почвы к посеву.

### **§ 105. Химический способ удаления древесно-кустарниковой растительности**

На участках с небольшим гумусовым слоем (менее 25 см) древесно-кустарниковую растительность удаляют химическими средствами. Заросшие участки опрыскивают эмульсией или водными растворами различных солей и эфиров: бутиловым эфиром 2,4-Д, аминной солью 2,4-Д, кроколиновым препаратом. При попадании на растения они проникают внутрь листьев и побегов и, нарушая процессы обмена веществ, вызывают их отмирание. Дозы химических средств зависят от вида, возраста и мощности кустарников и древесной поросли и обычно составляют 3...6 кг/га.

Большие площади осушаемых земель для удаления древесно-кустарниковой растительности опрыскивают химическими средствами с самолетов. Для сведения отдельных групп кустарника и древесной поросли используют тракторные опрыскиватели. Чтобы полностью уничтожить кустарники и древесную поросль, часто требуется два-три опрыскивания. Повторные опрыскивания проводят на следующий год. Полное отмирание стволов, корней, кустов, древесной породы обычно наступает не ранее чем на второй год после опрыскивания. Засохший кустарник высотой до 4 м запахивают кустарниково-болотным плугом. Для ломки более высокого отмершего кустарника и подкорчевки неповрежденных стволов применяют якорную цепь длиной 50...60 м с тяжелым грузом посредине, натянутую между двумя параллельно идущими на расстоянии 25...30 м тракторами. Сломанный кустарник сгребают тракторными граблями в кучи и сжигают.

### **§ 106. Удаление камней**

Камни, нередко засоряющие пахотный слой почвы, затрудняют или делают практически невозможной работу сельскохозяйственных машин. Поэтому перед первичной обработкой почвы, осушаемую территорию очищают от них.

Крупные камни (диаметром более 0,5 м и массой 5...8 т), залегающие в подпахотном слое и выступающие на поверхность, выкорчевывают корчевателями-погрузчиками и вывозят за пределы осушаемого участка на прицепах-самосвалах, прицепных лыжах-самосвалах или на стальных листах. Мелкие камни (диаметром менее 0,5 м) собирают камнеуборочной машиной в кучу или также вывозят за пределы осушаемого участка.

## § 107. Удаление кочек

Сильная закороченность осушаемой площади мешает успешному ее освоению, затрудняет вспашку и последующую обработку почвы. Появление кочек связано с многочисленными факторами. На низинных болотах много кочек растительного происхождения, которые образуются в результате плотного сплетения крепких эластичных корневищ осок, бесколенника, луговика дернистого и других растений. На верховых и переходных болотах часто встречаются пушицевые и моховые кочки, которые сливаются в моховые гряды и бугры. Земляные кочки образуются при бессистемном выпасе скота, в результате деятельности кротов и муравьев и т. д.

Земляные и небольшие растительные кочки легко удаляются тяжелыми дисковыми боронами и болотными навесными фрезами. Растительные и моховые кочки высотой за 20 см запахивают кустарниково-болотными плугами. Более крупные кочки сначала разделяют навесными рельсовыми боронами и фрезами или прикатывают тяжелыми катками, а затем запахивают. Валунные и пнистые кочки ликвидируют камнеуборочными машинами-корчевателями. После удаления кочек осушенный участок вспахивают кустарниково-болотным плугом.

## § 108. Первичная обработка почвы

Вспашку целинной почвы проводят кустарниково-болотными плугами, легкой минеральной со слабой дерниной — обычными плугами. Торфяные почвы с плотной дерниной вначале обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами в два следа (вдоль и поперек участка), а затем вспахивают с полным оборотом пласта. Глубина вспашки определяется мощностью гумусового слоя. Для минеральных почв она составляет 20...22 см, для торфяных — 30...35 см.

Осушаемые участки целесообразно вспахивать летом или осенью в год, предшествующий освоению участка под посев сельскохозяйственных культур. Это позволяет использовать технику в наименее напряженный период года, и, кроме того, почва

при летней вспашке хорошо аэрируется, интенсивнее идет процесс нитрификации, разложения мелких и средних корневых остатков древесной и травянистой растительности.

Разделка пласта необходима для создания рыхлого слоя почвы мощностью не менее  $\frac{1}{2} \dots \frac{2}{3}$  глубины основной обработки, а также чтобы избежать распыления гумусового слоя. Ее выполняют в один-два прохода фрезерующими барабанами или в два — четыре прохода дисковыми боронами.

В сухую погоду нельзя допускать больших разрывов между вспашкой и разделкой пласта. Движение агрегатов, разделяющих пласт, должно быть диагонально-перекрестным. Это позволяет повысить интенсивность обработки пласта, не выворачивать дернину на поверхность и лучше выравнять поле.

Прикатывание обработанного участка устраняет дефект вспашки и способствует созданию более благоприятного водного режима почвы. Выполняют его различными катками. Прикатывание почв с хорошо разложившимся торфом должно быть сравнительно слабым, а переходных и верховых болот с малоразложившимся торфом — сильным.

## § 109. Удобрение почвы

Осушаемые верховые и переходные болота и большинство минеральных почв имеют повышенную кислотность и нуждаются в известковании. Известкование снижает кислотность, улучшает агрегатный состав почвенных частиц и в целом водно-физические свойства почвы, повышает растворимость фосфатов.

На слабокислые почвы (рН солевой вытяжки 4,5...6) рекомендуется вносить извести 0,5...1 т/га, на среднекислые (рН 2,5...3,5) — 1...2, на сильнокислые (рН 6...7) — 3...4 т/га. При выборе дозы внесения извести необходимо учитывать не только кислотность почвы, но и какие культуры будут возделываться на ней. Например, овес, озимая рожь, картофель и люпин дают хорошие урожаи на почвах с повышенной кислотностью. На слабокислых почвах рекомендуется возделывать яровую и озимую пшеницу, горох, вику, лен, многолетние злаковые травы, кукурузу, капусту.

По данным В. Р. Вильямса, срок действия известкования составляет 7...9 лет, после чего его повторяют.

Большинство осушаемых болот бедно калием. Поэтому при освоении их необходимо в почву вносить калийные удобрения. Но поскольку в чистом виде калий разрушает структуру почвы, его сочетают с суперфосфатными и органическими удобрениями. При выращивании зерновых культур и трав доза внесения калийных удобрений обычно составляет 120 кг/га, при возделывании

картофеля и овощных культур — 200 кг/га. Срок действия калийных удобрений непродолжителен.

Низинные болота в первые годы освоения нуждаются в азотных и фосфорных удобрениях, поскольку большее количество азота и фосфора в них содержится в недоступной для растений форме. Например, доза внесения фосфора в первый год освоения должна составлять 45...60 кг/га. В процессе окультуривания верхнего слоя и минерализации торфа нерастворимые формы азота и фосфора переходят в растворимые и дозы внесения азотных и фосфорных удобрений постепенно уменьшают.

Значительному повышению плодородия осушаемых земель способствует внесение навоза. На осваиваемых низинных болотах доза навоза должна составлять 10...20 т/га, на переходных и верховых — 20...40 т/га. Навоз следует вносить в почву ежегодно.

Сельскохозяйственные культуры, выращиваемые на осушаемых землях, испытывают также недостаток в микроудобрениях: меди, боре, марганце и т. д. Так, внесение медных микроудобрений может повысить урожайность зерновых культур в 5...8 раз.

---

## IV. ЭРОЗИЯ ПОЧВ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

---

### Глава 15. ЭРОЗИЯ ПОЧВ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

#### § 110. Виды эрозии почв

Под эрозией понимают разрушение и смыв почвы водой, стекающей по поверхности земли, или выдувание плодородного слоя ветром, то есть эрозия может быть водной и ветровой.

По характеру разрушения почвы различают водную эрозию склоновую (плоскостная и линейная) и овражную.

*Плоскостная эрозия* возникает под действием стекающих со склонов многочисленных струек воды. В результате с поверхности склона выносятся почвенные частицы. Значительные потоки воды могут привести к мелкоструйчатому ручейковому размыву почвы.

*Линейная эрозия* возникает под действием стекающего со склона концентрированного потока воды. В пониженных местах склона образуются рытвины, промоины.

*Овражная эрозия* вызывается дальнейшим углублением и расширением под действием потоков воды рытвин и промоин. На их месте постепенно образуются овраги.

Водная эрозия часто возникает в результате нерациональной деятельности человека, при несоблюдении им, почвозащитных мероприятий.

На европейской территории СССР водная эрозия распространена в центральных черноземных областях, юго-западной части УССР, в Молдавии, на Северном Кавказе, в Поволжье. Значительно подвержены водной эрозии районы Южного Урала, Западной Сибири и Алтайского края.

Ветровую эрозию вызывают сильные ветры и пыльные бури. Почвенные частицы с повышенных мест выносятся в пониженные, а при пыльных бурях перед препятствиями (зеленые насаждения, балки, строения), ослабляющими скорость ветра, образуются гряды почвогрунта. В зимнее время почва может сдуваться с полей вместе со слоем снега.

Ветровая эрозия почв особенно сильно проявляется в районах Северного Кавказа, Бурятской АССР, в Кулундинской степи Алтайского края. Часто подвергаются пыльным бурям южные районы УССР, Северного Кавказа и Ростовская область.

## § 111. Мероприятия по борьбе со склоновой эрозией почв

Борьба с эрозией почв в нашей стране является составной частью единой общегосударственной программы мелиорации земель. Мероприятия по борьбе с эрозией почв должны носить комплексный характер. Комплекс мер по борьбе с эрозией почв включает организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

**Организационно-хозяйственные мероприятия.** Их основа — правильная организация территории хозяйства. С этой целью составляют план организации территории, на который наносят границы почв, степень их эродированности и подверженности водной и ветровой эрозии. На плане выделяют участки под специальные почвозащитные севообороты, полезащитные водорегулирующие и овражно-балочные насаждения, защитные сооружения. Поля севооборотов, дорожную сеть, место выпаса скота размещают так, чтобы не вызывалась эрозия почв. При этом дороги, за исключением внутрихозяйственных, должны проходить по водоразделам, а длинные стороны севооборотных участков следует направлять поперек склонов, вдоль горизонталей.

План размещения защитных насаждений и сооружений должен быть составной частью комплексного плана внутрихозяйственного землеустройства.

**Агротехнические мероприятия.** Основу их составляет правильная агротехника. Выполняют такие мероприятия с целью: предупреждения или резкого сокращения возможности проявления эрозионных процессов, повышения сопротивляемости почв смыву, размыву и выдуванию, увеличения водопоглощающих свойств почвы и уменьшения скорости ветра в приземном слое, накопления и сбережения влаги в районах недостаточного увлажнения, восстановления и повышения плодородия почв.

Наиболее эффективный и простой агротехнический прием защиты почв от водной эрозии — глубокая зяблевая вспашка поперек склона. Глубина вспашки зависит от мощности гумусового слоя и экспозиции склона. При мощности гумусового слоя менее 20 см проводят безотвальную вспашку на глубину 35 см или обычную вспашку на глубину 20 см с почвоуглублением нижнего слоя на 15 см. При этом запас воды в метровом слое почвы увеличивается на 20...25 мм, в два-три раза сокращается смыв почвы и на 0,2...0,25 т/га повышается урожайность зерновых культур. Все последующие обработки почвы (боронование, культивация) выполняют поперек склона.

На пологих односкатных склонах крутизной до 4° применяют поперечное обвалование зяби и паров плугом с удлиненным

отвалом, который одновременно со вспашкой создает валики высотой 0,2...0,25 м, чередующиеся с бороздами (через 1,4...1,7 м), а также прерывистое бороздование навесным четырехкорпусным плугом. Иногда борозды нарезают орудьями.

На сложных склонах крутизной до 6° для защиты почв от эрозии создают микролиманы глубиной до 0,1...0,15 м, длиной 1,1...1,2 м и шириной 0,3...0,9 м, которые задерживают на каждом гектаре от 250 до 350 м<sup>3</sup> воды.

Вспашку почвы с почвоуглублением, обвалование, микролиманы выполняют поздней осенью.

При обработке ранней зяби и ранних паров (в течение лета) для защиты почвы от эрозии устраивают лунки глубиной 18...20 см, шириной до 30 см и длиной до 120 см. Весной лунки задерживают на каждом гектаре 250...300 м<sup>3</sup> воды. Такая обработка почвы повышает урожайность сельскохозяйственных культур на 0,2...0,3 т/га.

Уменьшить возможность образования эрозии можно кротованием и щелеванием почв. Кротование способствует задержанию до 150 м<sup>3</sup> воды на каждом гектаре и увеличивает урожайность зерновых на 0,2...0,3 т/га. Щелевание предотвращает появление на поверхности почвы водонепроницаемой корки, уменьшает поверхностный сток и также способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

На крутых склонах и в районах распространения ветровой эрозии распространено полосное земледелие: сельскохозяйственные культуры размещают поперек склона полосами, хорошо защищающими почву от смыва и выдувания. Ширину полос устанавливают в зависимости от агроклиматических условий и делают кратной четному числу проходов посевных сельскохозяйственных машин (на склонах до 8° — 20...40 м, на равнине — 50...150 м).

Поперек длинных и крутых склонов, занятых садами и пашными культурами, для предотвращения эрозии почв устраивают буферные полосы из многолетних трав или кустарников. При крутизне склона 6...8° ширину таких полос принимают 4...6 м, расстояние между полосами — 30...40 м, при крутизне 10...12° ширину полос назначают 8...10 м, расстояние между полосами — 20...30 м.

Интенсивность эрозии почв снижает также регулирование местного стока (например, снегозадержание) и применение системы удобрений, улучшающих структуру и физические свойства корнеобитаемого слоя.

Хорошо защищает почву от эрозии система мелиоративного земледелия с контурно-полосной противоэрозионной организацией территории, разработанная Всесоюзным научно-иссле-

тельским институтом виноградарства и виноделия (ВНИИВиВ). Площадь водосбора делят на ряд полос по горизонталям, начиная от водораздела. Поверхностный сток регулируется валами, совмещенными с водопоглощающими канавами глубиной 60...70 см и заполненными органическими материалами (виноградная лоза, солома). Валу и канавы располагают строго по горизонталям. Ширину полос назначают в зависимости от агроклиматических условий и рельефа. Так, при изменении крутизны склона от 0 до 8° для условий южных районов Ростовской области ширину полос принимают 47...30 м. По контуру каждой полосы высаживают плодовые или лесные деревья.

Органические материалы, заполняющие канавы, в сочетании с лесными полосами увеличивают водопоглощение, предотвращают промерзание почвы даже при сильных и длительных морозах.

По данным ВНИИВиВ, применение такой системы мелиоративного земледелия способствует повышению урожайности озимой пшеницы до 5 т/га, ячменя — до 4,8 т/га, винограда — до 9 т/га.

Эффективное средство задержания поверхностного стока и предотвращения смыва и размыва крутых склонов — их террасирование.

На пологих склонах (уклон 0,02...0,12), покрытых легкими водопроницаемыми почвами, устраивают гребневые террасы с горизонтальным валом (рис. 117). Высоту вала принимают 30...40 см, ширину его основания — 2...4 м, заложение откосов — 1:3 или 1:4. Насыпают валы грейдером, специальным террасером или плугом.

На тяжелых почвах, где нельзя допускать застаивания воды, валы располагают с небольшим уклоном (не более 0,005) к горизонталям. Ширину и высоту террас с наклонным валом определяют с учетом уклона и грунта склона (табл. 39).

На склонах с уклоном 0,12...0,25 создают ступенчатые террасы (рис. 118). Поверхность их может быть наклонной и горизонтальной. Ступенчатые террасы с обратным уклоном называют скамьевидными.

На крутых склонах с малым плодородным слоем устраивают траншейные террасы (рис. 119). Вдоль горизонталей отрывают

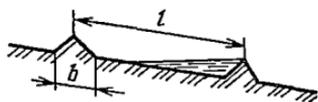


Рис. 117. Схема гребневых террас с горизонтальным валом.



Рис. 118. Схема ступенчатых наклонных террас.

**39. Ширина и высота гребневых террас с наклонным валом (данные А. Я. Калабугина, С. И. Мурашева)**

Уклон	Ширина террас, м		Высота террас (превышение между осями соседних террас), м	
	суглинок	супесь	суглинок	супесь
0,01	50	70	0,52	0,70
0,02	38	50	0,75	1,00
0,03	30	41	0,90	1,25
0,04	27	38	1,05	1,50
0,05	26	35	1,25	1,65
0,06	25	30	1,50	1,80
0,08	24	26	1,70	2,10
0,10	20	24	1,90	2,40
0,12	18	22	2,10	2,70

траншею, при этом верхний плодородный слой складывают на ее верхней бровке, нижний — на нижней. Потом траншею засыпают почвой, взятой с верхней бровки и с полос между траншеями.

В районах с большим ливневым стоком и уклоном местности 0,3...1 строят террасы-канавы (рис. 120). Валу отсыпают из грунта, вынутого из канавы, шириной поверху не менее 0,5 м. Превышение между соседними валами обычно принимают 2...2,5 м. Канавы отводят поверхностные воды и увлажняют почву валов. Чтобы вали не сползли по склону, их основания заглубляют.

На террасах возделывают различные сельскохозяйственные культуры.

**Лесомелиоративные мероприятия.** На территории, почвы которой подвержены эрозии, высаживают лесные полосы. В зависимости от назначения они могут быть:

приводораздельными, размещаемыми на водоразделах. Способствуют накоплению снега на водоразделах и защите прилегающих склонов от ветров;

водорегулирующими, размещаемыми на перегибах склона от

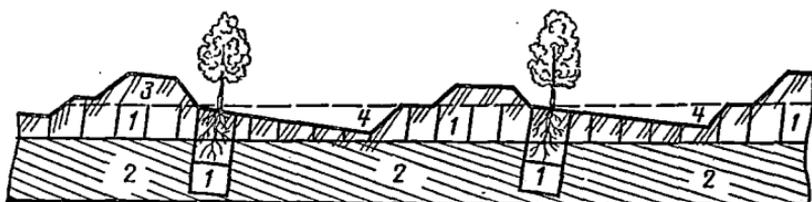


Рис. 119. Схема траншейных террас:

1 — верхний плодородный слой почвы; 2 — подпочвенный слой грунта; 3 — вал из подпочвенного грунта; 4 — зона заборки почвы для засыпки траншей.

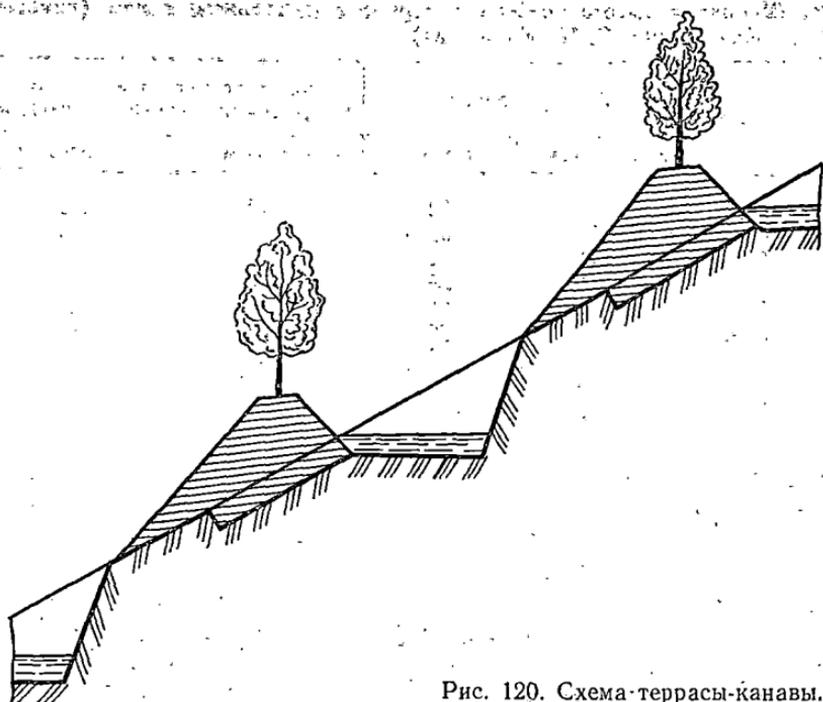


Рис. 120. Схема террасы-канавы.

водораздела до бровки гидрографической сети. Способствуют задержанию поверхностного стока и уменьшению его разрушительной силы;

прибалочными и приовражными, размещаемыми на 3...5 м выше бровок балок и оврагов. Предотвращают рост оврагов, укрепляют их берега, регулируют поверхностный сток на вышележащем склоне, уменьшают эрозию почв;

полезачитными, размещаемыми поперек направления господствующих ветров (основные) и вдоль направления (вспомогательные) по границам полей. Защищают поля от ветровой эрозии;

донными, размещаемыми на дне балок и оврагов. Предотвращают их размыв.

Расстояния между лесными полосами на склонах устанавливают с учетом формы, крутизны, экспозиции, протяженности склонов и водопроницаемости почв. При крутизне 2...3° расстояния между полосами принимают 400...300 м, при 4...5° — 300...250, при 6° и более — 250...150 м.

Оптимальную ширину лесных полос рассчитывают по формуле И. П. Сухарева:

$$B_p = K\sqrt{il},$$

где  $K$  — коэффициент, учитывающий регулируемую обеспеченность стока и водопроницаемость почв, для центральных черноземных областей при задержании стока 5, 10, 20, 30, 50 и 70 %-ной обеспеченности соответственно равен 0,47, 0,44, 0,42, 0,38, 0,27; 0,18;  $i$  — средний уклон склона выше лесной полосы;  $l$  — длина склона, м

Согласно указаниям по проектированию и выращиванию защитных полос и насаждений в равнинных районах СССР, расстояние между продольными полезащитными полосами не должно превышать: на сильновыщелоченных черноземах 600 м, на обыкновенных — 500, на южных — 400, на каштановых почвах 350, на почвах Северного Кавказа — 300 м. Расстояние между поперечными полезащитными полосами принимают не более 200 м. Для лесостепной зоны ширину таких полос назначают равной 7,5...9 м, для степной — 10...15 м.

## § 112. Мероприятия по борьбе с овражной эрозией почв

Овраги вызывают повреждение дорог, жилых и хозяйственных построек, способствуют быстрому сбросу талых вод в период весеннего половодья, снижению уровня грунтовых вод на прилегающей к ним территории, что приводит к иссушению почвы, удлиняют пути сообщения между хозяйствами, с их ростом увеличиваются площади бросовых земель и т. д.

Рост оврагов можно предотвратить различными лесомелиоративными и гидротехническими мероприятиями.

Деревья и кустарники, высаженные на откосах и бровках оврагов, надежно защищают их от дальнейшего разрушения.

Гидротехнические сооружения, рекомендуемые для борьбы с оврагами, по характеру действия делятся на следующие группы: задерживающие сток талых и ливневых вод на водосборе или в приовражной части территории; перехватывающие потоки воды, текущие к оврагу, распыляющие и отводящие их на закрепленный полевой склон; укрепляющие вершины, дно и откосы оврага от размыва.

Для задержания потока талых вод, текущих к оврагу с площадью водосбора до 20 га, и защиты его вершины от разрушения приводораздельную часть местности обваловывают валами-канавами. Выше вершины оврага, а иногда и в приовражной части склона (для ее защиты от эрозии) отрывают ряд канав и из вынутого при этом грунта отсыпают валы с горизонтальным гребнем (рис. 121, 122).

Водоудерживающий вал обычно располагают от вершины оврага на расстоянии, равном двух-трехкратному перепаду между ними, и обсаживают деревьями и кустарниками. Для создания

прудка концы его (шпоры) плавно закругляют вверх по склону. Радиус закругления принимают 15...25 м. Для предотвращения полного сброса задержанной воды в случае прорыва вала перпендикулярно к его оси через 60...80 м вдоль оси устраивают перемычки. Шпоры и перемычки могут быть глухими, то есть не допускающими сток воды из одной секции в другую, и открытыми, позволяющими сбрасывать часть воды через водовыпуски.

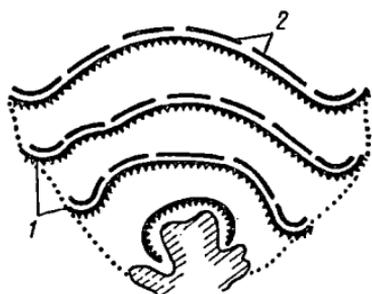


Рис. 121. План размещения вала-канал в верховье оврага:

1 — валы; 2 — каналы.

Этот способ закрепления оврагов широко используют в Полтавской и Харьковской областях, Поволжье, на Северном Кавказе.

Когда требуется немедленное прекращение роста оврагов, а применение водорегулирующих сооружений и лесомелиоративных приемов на водосборной площади невозможно по каким-либо причинам, в их вершинах устраивают следующие сооружения: фашинные быстротоки — на оврагах с площадью водосбора до 15 га и с перепадом в вершине 2...3 м;

деревянные лотки-консоли — на оврагах со значительным вершинным перепадом;

сборные железобетонные быстротоки — на оврагах, рост которых угрожает основным транспортным магистралям, капитальным сооружениям, ценным сельскохозяйственным угодьям и др.

Для закрепления дна оврагов от размыва, придания устойчивости их откосам, защиты нижележащих угодий от овражных наносов применяют донные сооружения, например плетневые, фашинные, хворостяные, деревянные, каменные и бетонные полузапруды.

Наиболее просты по конструкции и доступны плетневые полузапруды. Поперек русла оврага отрывают канаву глубиной и шириной 0,3 м с заходом в его скаты до 1 м. В дно канавы через

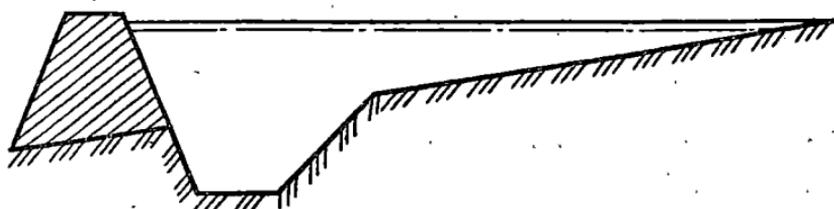


Рис. 122. Поперечное сечение вала-канавы.

0,4...0,5 м на глубину 0,25 м забивают ветловые кольца длиной 1 м и толщиной 5...6 см. Промежутки между кольями заплетают свежесрубленными (живыми) ивовыми прутьями. Потом канавы засыпают землей и утрамбовывают. Незасыпанной при этом остается верхняя часть плетня высотой 0,45 м. Колья и хворост постепенно прорастают, и полузапруда оживает, становится зеленой.

Число полузапруд определяют в зависимости от крутизны и длины оврага: чем круче уклон русла, тем чаще их ставят. Расстояние между полузапрудами назначают в среднем 10...15 м.

Перепады (обрывы) в вершине оврага также необходимо закреплять плетнями.

В период прохождения паводка талых и ливневых вод плетневые полузапруды создают подпор для текущей воды, снижают ее скорость. Между полузапрудами осаждаются илистые частицы почвы, несущиеся с водными потоками, овраг заиляется.

Успешно предотвращает донные размывы оврагов с небольшим водосбором (до 20 га) залужение. На выровненном дне оврагов и уположенной вершине высевают различные травосмеси: овсяницу луговую, мятлик луговой, кострец безостый; мятлик луговой, тимофеевку, кострец безостый, клевер красный, люцерну, овсяницу луговую. Норма высева семян для залужения дна оврагов должна быть в 8...10 раз выше нормы высева при обычных посевах. В первый год посевы трав огораживают, защищают от поотравы скотом, проросшие травы скашивают. К осени на залуженных участках создается хороший растительный покров.

## § 113. Эрозия почв на мелиорируемых землях

На орошаемых землях в зависимости от места возникновения и распространения можно выделить два вида эрозии: полевою и сетевую. Полевую эрозию вызывает несоответствие применяемой техники полива природно-хозяйственным условиям, сетевую — утечка воды из оросительной и сбросной сети, гидротехнических сооружений, непредусмотренный сброс воды.

Важный фактор развития эрозии при орошении — уклон поверхности почвы.

Чтобы исключить появление эрозионных процессов, необходимо устранить причины, их вызывающие. Техника и способы полива должны быть выбраны правильно, то есть вода, распределяющаяся по поверхности поля при поливе, должна полностью впитываться в почву. При поверхностных способах полива скорости течения воды в поливных бороздах и полосах не должны превышать допустимые (неразмывающие). Должна быть устранена любая возможность утечки воды из постоянных и временных каналов, выводных борозд, лотков, трубопроводов и гидротехни-

ческих сооружений. В земляных каналах нельзя допускать аварийных прорывов через дамбы, сопряжения каналов с гидротехническими сооружениями и т. д.

Важное значение в предупреждении эрозии орошаемых земель имеют строительство оросительной системы в соответствии с проектом и правильная ее эксплуатация.

Наиболее полно отвечают требованиям предупреждения эрозии закрытые дождевальные системы.

На осушаемых землях осушительная сеть практически способствует предотвращению эрозионных процессов, поскольку открытые осушительные каналы и закрытые собиратели перехватывают поверхностные воды.

При осушении земель могут размываться дно и откосы земляных проводящих каналов, если уклон их русла превышает допустимый на размыв. Предупреждают такую эрозию уменьшением уклона или укреплением русла каналов. Вдоль трасс разъемных борозд, направленных по уклону, превышающему допустимый на размыв, может наблюдаться сетевая эрозия. В этом случае, чтобы предотвратить эрозию, борозды прокладывают в направлении уклона, при котором не будет размыва почвы.

Осушение торфяников может вызвать ветровую эрозию (выдувание частиц переосушенного торфа). Предотвращают такую эрозию правильная агротехника и технология добычи торфа.

## **Глава 16. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Все мелиоративные мероприятия направлены на улучшение неблагоприятных для сельскохозяйственного производства природных условий, повышение плодородия почв.

Оросительные мелиорации возмещают недостаток влаги в почве, осушительные — удаляют ее избыток, создают благоприятные для развития растений водный, воздушный, питательный режимы корнеобитаемого слоя. В результате мелиораций сухие бесплодные пустыни превращаются в цветущие оазисы, непроходимые болотные топи — в высокопродуктивные нивы, луга и пастбища.

В любом мелиоративном проекте предусматривают соответствующие для рассматриваемых условий мероприятия по охране окружающей среды. Осуществление мелиоративных работ не должно вызывать негативные изменения не только на мелиорируемой территории, но и на прилегающих водосборах. При осушении болот не допускают переосушения торфяных почв, так как переосушенный торф распыляется, плохо впитывает влагу, самовоз-

гораются. Для защиты от пожаров на болотах проектируют противопожарные мероприятия. Осушенные болота при мощности торфа менее 1 м рекомендуется использовать в качестве сенокосов.

Земли после торфяных и других разработок рекультивируют.

Засоленные почвы промывают от избытка солей, обогащают удобрениями.

Для предохранения осушаемых и прилегающих к ним земель от водной и ветровой эрозии и улучшения микроклимата в проектах осушения предусматривают: сохранение лесных насаждений вдоль регулируемых рек-водоприемников и на минеральных островах среди осушаемых болот; создание водоохраных лесных полос вдоль водоприемников, крупных каналов проводящей сети, защитных дамб, по берегам водохранилищ; залесение участков, непригодных для сельского хозяйства.

Сводить леса на осушаемых сельскохозяйственных землях допускается только при наличии соответствующих обоснований и решений.

При необходимости противоэрозионные мероприятия выполняют не только на осушаемой территории, но и на прилегающих к ней полях.

В целях сохранения и умножения флоры и фауны не допускается:

- уничтожение древесно-кустарниковой растительности арборицидами;

- строительство мелиоративных сооружений на водотоках и водоемах, имеющих рыбохозяйственное значение, в местах обитания водоплавающих птиц и пушного зверя без согласования с соответствующими организациями;

- осушение болот и заболоченных массивов, по водотокам которых расположены массовые бобровые поселения;

- забор воды из источников, имеющих рыбохозяйственное значение, без устройства рыбозащитных сооружений.

Осушение болотных и заболоченных земель, расположенных вблизи заповедников и заказников, не должно отрицательно сказываться на их жизнедеятельности.

В проектах мелиорации предусматривают также улучшение ландшафтной архитектуры земель, особенно у основных дорог и населенных пунктов. На мелиорируемой территории оставляют отдельные красивые деревья (кроме тополей, ивы и ольхи), рощи, памятники архитектуры и археологии.

## V. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ

Водоснабжением называется комплекс мероприятий по обеспечению водой различных ее потребителей. Система водоснабжения включает различные сооружения, обеспечивающие добычу, очистку и подачу воды потребителям в необходимых количествах и надлежащего качества.

### Глава 17. КАЧЕСТВО ВОДЫ, МЕТОДЫ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ. НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

#### § 114. Показатели качества воды

Вода в природных условиях содержит различные вещества в виде истинных или коллоидных растворов, механических примесей, живые организмы и бактерии. Ее качество и степень пригодности для питьевых и хозяйственных нужд и определяются составом и количеством этих веществ, организмов и бактерий. Оценивают же качество воды по физическим, химическим и санитарным показателям.

*Физические показатели* — температура, цветность, мутность, запах и привкус. Температуру воды определяют термометром: в реках и водоемах — на разных глубинах, в колодцах — после предварительного откачивания (в течение 15...20 мин) верхнего слоя воды.

Желательно, чтобы температура питьевой воды составляла 7...12 °С. Такую температуру обычно имеют подземные, артезианские и грунтовые воды.

Цветность воды определяют в градусах по платиново-кобальтовой шкале (табл. 40). Цвет воды обуславливается содержанием в ней гумусовых частиц или примесей, остатков растений, коллоидов. Большая цветность воды чаще всего наблюдается в открытых источниках (реки, озера), питающихся частично болотной водой, и говорит о невысоком ее качестве.

#### 40. Цветность воды по платиново-кобальтовой шкале

Цвет воды при рассмотрении		Цветность, град.
сбоку	сверху	
Бесцветная	Слабо-желтый, уловимый только при сравнении с налитой в такой же цилиндр дистиллированной воды	< 10
Бесцветная	Слабо-желтоватый	20
Едва заметный слабо-желтоватый	Очень слабо-желтоватый	30
Слабо-желтый	Слабо-желтоватый	40

Грунтовые воды в большинстве случаев не имеют цвета, но иногда минералогический состав водоносных горизонтов (примесей глины или ила) придает им серый или бурый оттенок.

Цветность питьевой воды не должна превышать 20 град, и только в исключительных случаях по согласованию с органами санитарного надзора допускается до 35 град.

Мутность воды обусловлена содержанием в ней во взвешенном состоянии ила, песка, глины, органических частиц и характеризуется количеством сухого вещества (в миллиграммах), отфильтрованного из 1 л воды.

По ГОСТ 2874—73 количество взвешенных веществ в хозяйственной и питьевой воде, подаваемой по водопроводам, не должно превышать 1,5 мг/л.

На станциях по очистке воды вместо мутности определяют ее прозрачность в градусах. На дно высокого стеклянного градуированного цилиндра кладут белый фарфоровый диск или фарфоровую пластинку, на которых черной краской нанесен условный знак в виде двух крестообразных линий толщиной 1 мм. Цилиндр наполняют водой до глубины, при которой крестообразный знак едва различается. Этот слой и характеризует прозрачность исследуемой воды: 1 см слоя воды соответствует 1 град прозрачности.

В открытых водных источниках прозрачность воды сильно колеблется: весной после весенних паводков составляет 5...10 град; в летний период после осадки ила на дно — 90...100 град. В этих источниках прозрачность определяют с берега или лодки. В воду на шнурке опускают металлический белый диск с крестообразным знаком.

Запах и привкус воды обуславливаются содержанием в ней растворенных газов, особенно сероводорода, минеральных солей, органических веществ и микроорганизмов. Сильный запах и привкус обычно имеют источники, в которые попадают воды с торфяных болот. Неприятный запах водам угледобывающих районов придает фенол.

Оценивают запах и вкус по пятибалльной системе (табл. 41).

#### 41. Оценка запаха и вкуса по пятибалльной системе

Условия определения запаха или вкуса воды	Наличие запаха или вкуса	Оценка, балл.
Не обнаруживается	Нет	0
Замечается только опытным наблюдателем	Очень слабый	1
Ощущается потребителем, если обратить на запах или вкус его внимание	Слабый	2
Легко замечается, может вызвать неодобрительные отзывы о воде	Заметный	3
Вода неприятная для питья	Отчетливый	4
Вода, непригодная для питья	Очень сильный	5

Согласно ГОСТ 2874—73 в качестве питьевой можно использовать воду, запах и вкус которой при температуре 20 °С и 60 °С оценивается не выше 2 баллов.

Солоноватый и горько-солоноватый вкус придают воде соли Mg, Cl, Fe и S. На вкус исследуют воду с температурой 20...25 °С, потому что при меньшей температуре привкус может не обнаруживаться.

*Химические показатели* — характеризуются содержанием в воде растворимых солей и органических веществ. В сельскохозяйственном водоснабжении имеет большое значение показатель щелочности (или кислот-

ности) воды, зависящий от концентрации водородных ионов pH. В воде, имеющей нейтральную реакцию, pH равно 7, кислую — pH меньше 7 и щелочную — pH более 7.

Количество минеральных солей и органических частиц, содержащихся в 1 л воды, называют плотным остатком. Получают плотный остаток выпариванием воды и прокаливанием оставшегося после выпаривания осадка при температуре 110 °С до постоянной массы.

Соли кальция и магния, содержащиеся в воде, обуславливают ее жесткость. Различают общую жесткость (сырой воды) и постоянную (кипяченой воды). Общая жесткость всегда бывает выше постоянной. При кипячении из воды улетучивается углекислый газ, в осадок выпадают соли кальция и магния.

В нашей стране жесткость воды выражают в миллиграмм-эквивалентах калия и магния в 1 л воды (мг-экв/л). По степени жесткости воду подразделяют: на мягкую с жесткостью до 3 мг-экв/л, среднюю — 3...6 мг-экв/л, жесткую — 6...15 мг-экв/л, очень жесткую — более 15 мг-экв/л.

Общая жесткость водопроводной воды, используемой на питьевые и хозяйственные цели, согласно ГОСТ 2874—73, не должна превышать 10 мг-экв/л. Недопустимо применение жесткой воды для паровых котлов поскольку на их дне и стенках образуется большой слой накипи.

Вода открытых источников значительно мягче воды подземных.

Избыточное содержание в воде кислорода, особенно в сочетании с углекислым газом, гуминовыми веществами и сернистым железом, вызывает коррозию железа. Железо придает воде неприятный привкус и бурю окраску. Вода становится непригодной для питьевых и хозяйственных нужд.

Наличие в воде соединений  $\text{HNO}_3$ , гнилостных бактерий свидетельствует также о ее непригодности для питья. Грунтовые воды глубоких артезианских горизонтов иногда содержат азотистые соединения —  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_2$  и  $\text{HNO}_3$ , и их подвергают химическому и санитарному анализу.

Для определения количества  $\text{HNO}_2$  пробу воды объемом 10 см<sup>3</sup> смешивают с 0,5 см<sup>3</sup> реактива Гриса и нагревают в течение 5 мин до 70...80 °С. Если вода не окрашивается, то содержание  $\text{HNO}_2$  не превышает 0,01 мг/л, если окрашивается в слабо-розовый или ярко-красный цвет, то содержание  $\text{HNO}_2$  превышает 0,01 мг/л. При этом чем интенсивнее окраска воды, тем больше в ней содержится  $\text{HNO}_2$ .

Для определения количества  $\text{HNO}_3$  пробу воды объемом 0,5 см<sup>3</sup> смешивают с 1,5 см<sup>3</sup> крепкой серной кислоты и охлаждают до 20...25 °С. Затем в смесь добавляют 2 мг бруцина. Если вода не окрасится, то в ней содержится  $\text{HNO}_3$  менее 0,5 мг/л.

Согласно ГОСТ 2874—73, в воде, предназначенной для питьевых и хозяйственных нужд, должно находиться нитратов не более 10 мг-экв/л.

Часто неприятный вкус воде придают содержащиеся в ней в большом количестве соли  $\text{NaCl}$  (более 300 мг/л) и  $\text{MgCl}$  (более 100 мг/л).

Непригодна для питья вода, содержащая  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (может вызывать нарушение работы желудочно-кишечного тракта), сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , более 10 мг/л фосфорной кислоты и калия (указывает на то, что вода загрязнена фекалиями).

Согласно ГОСТ 2874—73, в воде, предназначенной для питьевых и хозяйственных нужд, должно находиться: железа — не более 0,3 мг/л, мышьяка — не более 0,05, меди — не более 1, цинка — не более 5, свинца — не более 0,1 мг/л.

Количественное содержание в воде химических элементов N, Fe, Mg, Al, P, S, P, K определяют опытным путем.

*Бактериологическое загрязнение* воды вызывают поверхностные стоки, попадающие в водные источники. Согласно ГОСТ 2874—73, в 1 мл питьевой воды не должно содержаться более 100 бактерий (при стандартном методе исследования).

При анализе воды прежде всего устанавливают наличие кишечной палочки, указывающей на ее загрязнение фекальными водами. По современным санитарным нормам в 1 л питьевой воды не должно быть более трех кишечных палочек, то есть колититр (объем воды, в котором обнаружена одна кишечная палочка) не должен быть меньше 300 см<sup>3</sup>.

Органические вещества обнаруживают введением в воду марганцовокислого калия (KMnO<sub>4</sub>). Вода при этом окрашивается в розово-красный цвет, но по мере окисления органического вещества теряет окраску. Стойкий розовый цвет означает, что в воду внесено KMnO<sub>4</sub> больше, чем требовалось для полного окисления органических веществ.

Воду считают хорошей, если на окисление содержащихся в 1 л органических веществ расходуется 3...5 мг марганцовокислого калия.

Если в водоеме водятся караси, карпы и лини, то в его воде находится много микроорганизмов и органических веществ. Присутствие в водоемах форели, красноперки, голяна свидетельствует о достаточной чистоте воды в них.

О качестве воды можно также судить по произрастающей в водоемах растительности. В заиленных и стареющих водоемах распространены кувшинка и уруть, на берегах заболоченных водоемов — осока и плакун, в сильноминерализованных водах — наяда морская, хар.

Для водопоя животных, согласно ГОСТ 2874—73, следует подавать воду питьевого качества, но можно также использовать и минерализованную воду (табл. 42).

#### 42. Предельно допустимая минерализация воды для поения животных, мг/л

Вид и возраст животных	Предельное содержание, мг/л			Общая жесткость, мг·экв/л
	сухой остаток	хлориды	сульфаты	
<b>Крупный рогатый скот:</b>				
взрослые животные	2400	600	800	18
телята и ремонтный молодняк	1800	400	600	14
<b>Свиньи:</b>				
взрослые животные	1200	400	600	14
поросята и ремонтный молодняк	1000	350	500	12
<b>Лошади:</b>				
взрослые животные	1000	400	500	15
жеребьята и ремонтный молодняк	1000	350	500	12
<b>Овцы:</b>				
взрослые животные	5000	2000	2400	45
ягнята и ремонтный молодняк	3000	1500	1700	30

**Примечание.** При подаче на ферму для водопоя скота воды, не отвечающей требованиям ГОСТ 2874—73, по согласованию с местными органами санитарно-эпидемиологической службы должен быть решен вопрос об обеспечении питьевой водой обслуживающего персонала и водой для технических нужд (мытьё молочной посуды и др.). Для животных, не указанных в таблице, допустимый минеральный состав воды для водопоя в каждом случае должен согласовываться с органами ветеринарного надзора.

## § 115. Улучшение качества воды

Вода колодцев, рек, прудов, озер часто не отвечает требованиям, предъявляемым к питьевой воде, и нуждается в очистке.

Воду из открытого источника сначала пропускают через решетки, изготовленные из металлических прутьев. Расстояния между прутьями обычно составляют 50...100 см. Такая решетка задерживает крупные плавающие и взвешенные предметы. Затем вода проходит через двухрядную проволочную и латунные мелкие сетки, которые не пропускают более мелкий мусор, лишние частицы. Первый ряд двухрядной сетки имеет отверстия 10...14 мм, второй — 5...7 мм. От мелких взвешенных механических примесей воду очищают в специальных сооружениях — отстойниках. Чтобы вызвать выпадение на дно отстойника мельчайших взвешенных частиц, в воду добавляют раствор коагулянта — сернокислого алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ , железного купороса  $FeSO_4$  или хлорного железа  $FeCl_3$ . Сернокислый алюминий, вступая в соединение с растворенными в воде двууглекислыми солями, вызывает свертывание в хлопья гидрата окиси алюминия. Выпадая на дно отстойника, хлопья увлекают за собой содержащиеся в воде частицы ила, бактерии, мелкий планктон и др. При этом вода интенсивно осветляется.

Дозы коагулянтов зависят от мутности очищаемой воды. Например, по данным Н. Н. Абрамова, дозы  $Al_2(SO_4)_3$  и  $FeCl_3$  для воды различной мутности принимают следующие:

Содержание в воде взвешенных веществ, мг/л	Дозы безводного $Al_2(SO_4)_3$ или $FeCl_3$ , мг/л	Содержание в воде взвешенных веществ, мг/л	Дозы безводного $Al_2(SO_4)_3$ или $FeCl_3$ , мг/л
100	25...35	1000	60...90
200	30...45	1400	65...105
400	40...60	1800	75...115
600	45...70	2200	80...125
800	55...80	—	—

Для снижения цветности воды до нулевых значений дозу коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  (мг/л) вычисляют по эмпирической формуле:

$$D_k = 4 \sqrt{Ц},$$

где Ц — цветность воды по платиново-кобальтовой шкале, град.

Отстойники могут быть горизонтальными и вертикальными.

*Горизонтальный отстойник* (рис. 123) представляет собой прямоугольный в плане закрытый бассейн, разделенный на две части: зону осаждения и зону накопления и уплотнения осадка.

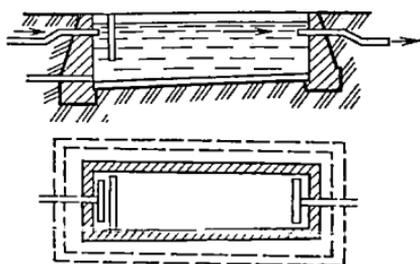


Рис. 123. Схема горизонтального отстойника.

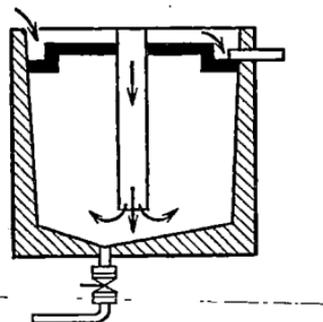


Рис. 124. Схема вертикального отстойника.

Высота зоны осаждения обычно составляет 2,5...3,5 м. Высоту зоны накопления и уплотнения рассчитывают на прием осадка, который выпадает в период между чистками отстойника. Чтобы отстойник задерживал взвешенные частицы, вошедшие в него с водой, его длину принимают равной

$$L = vH/u,$$

где  $v$  — скорость движения воды в отстойнике, составляет 0,001...0,002 м/с;  $u$  — скорость выпадения частиц, м/с;  $H$  — высота зоны осаждения отстойника, м.

Отстойники делают темными, чтобы в них не развивалась растительность.

*Вертикальный отстойник* (рис. 124) представляет собой круглый или квадратный в плане бассейн высотой 4...5 м с коническим или пирамидальным дном и центральной цилиндрической трубой. Вода по трубе поступает в нижнюю часть отстойника, затем с небольшой скоростью (0,5...0,75 мм/с) течет в верхнюю. Выпадающий при этом осадок накапливается на дне отстойника. Осветленную воду далее пропускают через фильтр.

Фильтр выполняют в виде резервуара, заполненного фильтрующим материалом. На дне резервуара для отвода профильтрованной воды устраивают дренаж. На дренаж укладывают слой поддерживающего материала. Если в качестве фильтрующего материала используют песок, то в качестве поддерживающего берут гравий (крупность гравия книзу должна увеличиваться).

Скорость фильтрации (м/ч):

$$v = Q/\omega,$$

где  $Q$  — количество воды, проходящее через фильтр в единицу времени, м<sup>3</sup>/с;  $\omega$  — площадь фильтра, м<sup>2</sup>.

Песчаные фильтры подразделяют на медленные и скорые. *Медленные фильтры* применяют для фильтрования некоагулированной воды и выполняют в виде бетонного или кирпичного бассейна. Скорость фильтрования на таких фильтрах зависит от количества взвешенных в воде веществ. При скорости фильтрования 0,1...0,2 м/ч удерживаются практически все минеральные и органические частицы и до 98 % бактерий.

Высоту фильтрующего и поддерживающего слоев медленного фильтра можно подобрать по таблице 43.

**43. Высота фильтрующего и поддерживающего слоев в зависимости от крупности фракций песка и гравия**

Номер слоя сверху	Загрузочный материал	Крупность зерен, мм	Высота слоя, мм
1	Песок	0,3...1	1200
2	»	1...2	50
3	Гравий или щебень	2...4	100
4	То же	4...8	100
5	»	8...16	100
6	»	16...32	150

Через 1...2 сут после начала фильтрации воды через медленный фильтр в верхнем слое фильтрующего материала накапливаются частицы взвеси и образуется пленка (осадок). С увеличением толщины пленки (но до определенного предела) эффект осветления воды возрастает. Убирают пленку (снимают верхний загрязненный слой песка — 1...2 см) в том случае, когда она сильно замедляет процесс фильтрации. Чистку фильтров обычно выполняют через 1...2 мес.

Достоинства медленных фильтров — высокая степень осветления и процент задержания бактерий без предварительной химической обработки воды; недостатки — большая строительная стоимость и сложность очистки.

*Скоростные фильтры* (рис. 125) используют для очистки питьевой воды. Толщина фильтрующего слоя песка в таком фильтре достигает 0,75...1 м. Воду в фильтр подают после коагулирования. Скорость фильтрации обычно составляет 6...12 м/ч. Пленка (из частиц взвеси) необходимой толщины образуется в верхнем слое песка через 20...30 мин после начала фильтрации воды. Поэтому фильтрующий материал в скоростных фильтрах промывают (чистой водой, подаваемой снизу через дренаж со скоростью 35...45 м/ч) 2 раза в сутки. Промывка длится 5...7 мин.

Достоинства скоростных фильтров — быстро и вполне удовлетворительно очищают воду. Суточный расход очищенной воды составляет 100 м<sup>3</sup> с 1 м<sup>2</sup> площади фильтра.

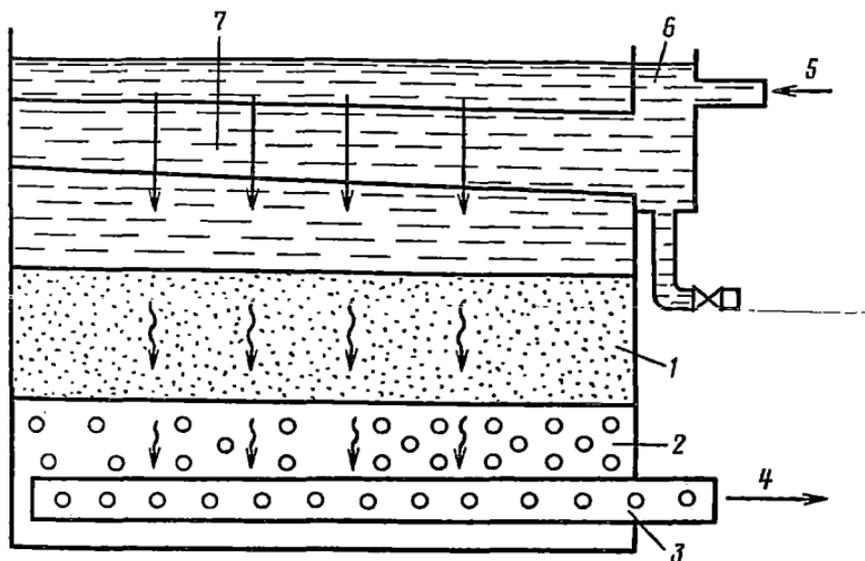


Рис. 125. Схема скоростного фильтра:  
 1 — фильтрующий слой песка; 2 — поддерживающий слой гравия; 3 — дренаж;  
 4 — отвод фильтрата; 5 — подача воды; 6 — камера; 7 — желоб.

**Обеззараживание воды.** Его выполняют с целью удаления из воды оставшихся после очистки микроорганизмов и болезнетворных бактерий, а иногда и как единственный самостоятельный прием очистки (для дезинфекции подземных вод). Различают следующие методы обеззараживания: хлорирование, озонирование, бактерицидное облучение.

*Хлорирование* заключается во введении в воду хлора или хлорной извести и обеспечивает полное уничтожение болезнетворных бактерий. При проектировании обеззараживающих установок дозы хлора устанавливают исходя из необходимости очистки воды в периоды наибольшего загрязнения (весенние паводки и др.) Показателем достаточности дозы хлора служит содержание в воде остаточного хлора, то есть оставшегося после окисления находящихся в воде веществ. По ГОСТ 2874—73 концентрация остаточного хлора в воде перед подачей потребителю не должна превышать 0,5 мг/л. Для обеззараживания речной воды дозу хлора принимают 1...3 мг/л, подземной — не более 1,5 мг/л.

На очистных станциях жидкий хлор (или хлорную известь) предварительно смешивают в специальных приборах-хлораторах (или баках) с определенным количеством воды. Полученную хлорную воду (или известковое молоко) с помощью дозирующих устройств подают в питьевую воду. Для снижения запаха

хлора хлорированную воду выдерживают на станциях 2 ч и только потом направляют в водопроводную сеть.

*Озонирование* воды имеет ряд преимуществ по сравнению с хлорированием. Озон обеспечивает надежное обеззараживание воды, не ухудшая ее вкусовые качества и не придавая неприятного запаха. Получают его непосредственно на очистных станциях с помощью озонаторов. Атмосферный воздух, забираемый озонатором, должен быть чистым от пыли и сухим. При влажном воздухе расход электрической энергии для получения озона увеличивается. Воду с озоном смешивают в смесителях (контактные резервуары). Озонированная вода поступает сначала в бак чистой воды, а потом в водопроводную сеть. Дозы озона при озонировании могут составлять 0,6...3,5 мг/л.

Озон токсичен, поэтому в помещениях, где находятся люди, его содержание не должно превышать 0,00001 мг/л.

*Бактерицидное облучение* заключается в уничтожении ультрафиолетовыми лучами находящихся в воде бактерий. Выполняют его на специальных установках, имеющих ртутно-кварцевые или аргонно-ртутные лампы. Вода тонким слоем обтекает лампы, перемешивается и, подвергаясь облучению, обезвреживается.

Установка для облучения воды проста в эксплуатации. При облучении не требуется введения в обрабатываемую воду каких-либо реагентов, вкусовые качества воды не ухудшаются, стоимость облучения не выше стоимости хлорирования.

Метод обеззараживания воды бактерицидным облучением пригоден только для осветленной воды с хорошей проницаемостью для лучей.

**Обезжелезивание воды.** Часто в подземных водах содержится бикарбонат железа. При соприкосновении с воздухом он теряет  $\text{CO}_2$ , переходит в водную окись железа, коагулируется и выпадает в виде бурого осадка, придавая воде неприятный вкус. Очистить воду от избытка железа можно аэрацией — дождеванием. При дождевании мелкие капли воды во время падения соприкасаются с воздухом и растворимые формы солей железа, содержащиеся в них, переходят в нерастворимые. Образовавшийся осадок потом задерживается на песчаных фильтрах.

Но наиболее универсальный и эффективный способ удаления железа из воды — хлорирование.

## § 116. Нормы водопотребления

Нормы водопотребления назначают с учетом степени благоустройства населенного пункта. Они включают расходы воды на хозяйственные нужды в жилых и общественных зданиях и коммунальных учреждениях, обслуживающих население дан-

ного сельского поселка. В стеллажных теплицах и парниках расходы воды на полив составляют 6 л/м<sup>2</sup>, в грунтовых зимних теплицах — 15 л/м<sup>2</sup> в сутки. Следует учитывать при расчете водопотребления, что полив проводят только в период вегетации выращиваемых культур.

Среднесуточные нормы хозяйственно-бытового водопотребления на одного жителя (л/сут) в сельских населенных пунктах в зависимости от благоустройства жилищных построек, согласно СНиП II-30 76, следующие

Здания, оборудованные внутренним водопроводом и канализацией без ванн	120...160
То же, с ваннами и местными нагревателями	160...230
То же, с централизованным горячим водоснабжением	230...350
Водопользование из водоразборных колонок	30...50

Нормы расхода воды (л/сут) на одну голову скота, птиц и зверей на сельскохозяйственных фермах, животноводческих и в ветеринарных лечебницах, согласно СНиП II-30—76, следующие.

Коровы молочные	100,0
» мясные	70,0
Быки и нетели	60,0
Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до 2 лет	30,0
Телята в возрасте до 6 мес	20,0
Лошади рабочие, верховые рысистые и некормящие матки	60,0
Лошади племенные и кормящие матки	80,0
Жеребцы-производители	70,0
Жеребята в возрасте до 1,5 лет	45,0
Овцы взрослые	10,0
Молодняк овец	6,0
Хряки-производители, матки взрослые	25,0
Свиноматки с поросятами	60,0
» супоросные, холостые	25,0
Поросята-отъемыши	5,0
Ремонтный молодняк	15,0
Свиньи на откорм	15,0
Куры	1,0
Индейки	1,5
Утки и гуси	2
Норки и соболи	3
Лисы и песцы	7
Кролики	3
В ветеринарной лечебнице на одно крупное животное	100
То же, на одно мелкое животное	50
На удаление навоза из помещений требуется дополнительно 4...10 л воды на голову, в зависимости от способа удаления	

Норму расхода воды на охлаждение двигателей, мойку и уход за машинами принимают из следующего расчета. На заправку одного трактора или комбайна требуется воды 1 л/сут на каждые

0,736 кВт мощности двигателя, на заправку автомобиля — 10 л/с на каждую тонну грузоподъемности. Расход воды на мойку трактора составляет 300...600 л, на мойку автомобиля грузоподъемностью 3 т — 400...500 л. На ремонт одного автомобиля или трактора требуется воды 1 м<sup>3</sup>/сут.

На промышленных сельских предприятиях норму расхода воды устанавливают исходя из объема выработанной продукции и хозяйственно-питьевых потребностей. Так, на молочных заводах на переработку 1 т молока требуется воды 10...15 м<sup>3</sup>, на консервных на 1 т перерабатываемых овощей — 10...15 м<sup>3</sup>, на сыроваренных и маслодельных на производство 1 т продукции — 35...40 м<sup>3</sup>, в хлебопекарнях на выпечку 1 т хлеба — 1,7 м<sup>3</sup>. На хозяйственно-питьевые нужды идет воды 25 л в смену в обычном цехе и 45 л в горячем.

Потребность в воде при строительстве сельскохозяйственных построек устанавливают из расчета расхода воды на единицу объема строительных работ. Так, на укладку 1 м<sup>3</sup> бетона расходуется воды 2...2,5 м<sup>3</sup>, на кладку 1000 кирпичей — 110...120 л.

Расходы воды на противопожарные нужды принимают по СНиП II-31—74 (табл. 44).

#### 44. Расходы воды на противопожарные нужды

Число жителей в населенном пункте до, тыс.	Расчетное число одно-временных пожаров	Расход воды на наружное тушение одного пожара, л/с	
		здания высотой до двух этажей включительно (независимо от степени их огнестойкости)	здания высотой в три этажа и выше (независимо от степени их огнестойкости)
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25
100	2	25	35

По материалам многолетних наблюдений за расходом воды для отдельных групп водопотребителей составляют графики режима водопотребления (рис. 126). Все элементы системы водопотребления (насосные станции, очистные сооружения, трубопроводы) рассчитывают на расход воды, который может ожидать в течение суток, а также в часы наибольшего водопотребления. При этом учитывают срок службы системы водоснабжения. Обычно он не превышает 12...15 лет.

Среднесуточный расход воды (м<sup>3</sup>/сут):

$$Q_{\text{ср.сут}} = \sum n_i t_i,$$

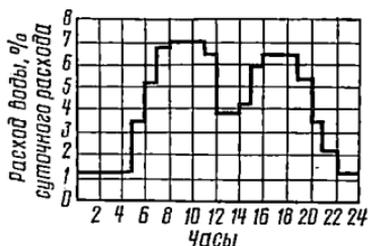


Рис. 126. График суточного расхода воды.

где  $n_i$  — число водопотребителей в каждой группе водопотребления;  $m_i$  — среднесуточная норма водопотребления,  $m^3/сут.$

Система водоснабжения должна надежно обеспечивать водой всех водопотребителей. Поэтому необходимо знать максимальный и минимальный суточные расходы:

$$Q_{сут. \max} = K_{сут. \max} Q_{сут. ср.},$$

$$Q_{сут. \min} = K_{сут. \min} Q_{сут. ср.}$$

где  $Q_{сут. \max}$ ,  $Q_{сут. \min}$  — максимальный и минимальный суточные расходы,  $m^3/сут.$ ;  $K_{сут. \max}$ ,  $K_{сут. \min}$  — максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности, представляющие собой отношение соответственно максимального и минимального суточных расходов к среднесуточному расходу воды, принимают  $K_{сут. \max} = 1,1 \dots 1,3$ ;  $K_{сут. \min} = 0,7 \dots 0,9$ .

Расчетные часовые расходы равны:

$$q_{ч. \max} = K_{ч. \max} Q_{сут. \max} / 24 \quad \text{и} \quad q_{ч. \min} = K_{ч. \min} Q_{сут. \min} / 24,$$

где  $q_{ч. \max}$ ,  $q_{ч. \min}$  — максимальный и минимальный часовые расходы,  $m^3/ч.$ ;  $K_{ч. \max}$ ,  $K_{ч. \min}$  — максимальный и минимальный коэффициенты часовой неравномерности, показывают, во сколько раз максимальный или минимальный часовые расходы превышают среднесуточный,  $K_{ч. \max} = \alpha_{\max} \beta_{\max}$ ,  $K_{ч. \min} = \alpha_{\min} \beta_{\min}$ ;  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятия и другие местные условия, принимают  $\alpha_{\max} = 1,2 \dots 1,4$ ,  $\alpha_{\min} = 0,4 \dots 0,6$ ;  $\beta$  — назначают в зависимости от числа жителей в поселке (табл. 45).

#### 45. Значения коэффициентов $\beta_{\max}$ и $\beta_{\min}$

Коэффициент	Число жителей в поселке, тыс.							
	до 1	1,5	2,5	4	6	10	20	50 и более
$\beta_{\max}$	2,0	1,8	1,6	1,5	1,40	1,2	1,2	1,15
$\beta_{\min}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,60

Коэффициент часовой неравномерности  $K_{ч}$  для благоустроенных поселков равен 1,4...1,6, для небольших с забором воды из уличных колонок — 1,8...2, для молочных ферм крупного рогатого скота, оснащенных современным оборудованием, — 1,9, для отдельных коровников — 2,2...2,5.

При вычислении секундного расхода воды в час максимального и минимального водопотребления принимают расход в течение часа постоянным. Таким образом:

$$q_{\max} = Q_{ч. \max} 1000 / 3600 = Q_{ч. \max} / 3,6; \quad q_{\min} = Q_{ч. \min} / 3,6.$$

## Глава 18. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ. ВОДОПОДЪЕМНИКИ

### § 117. Открытые водные источники

Открытыми источниками водоснабжения могут быть реки, ручьи, пруды, водохранилища, годовой расход воды в которых превышает годовое водопотребление. Реки и ручьи в значительной степени питаются грунтовыми водами и имеют довольно выравненный режим расходов воды. Пруды и водохранилища питаются, как правило, поверхностным стоком и менее надежны как источники водоснабжения, так как запас воды в них зависит от весеннего паводка.

На открытых источниках водоснабжения для защиты их от загрязнения обязательно устанавливают зону санитарной охраны. Возможность сброса в источник стоков животноводческих ферм или сточных вод промышленных предприятий должна быть исключена.

Забор воды из реки устраивают выше места расположения населенного пункта там, где глубина в меженный период бывает не менее 2,5 м. Русло реки в этом месте должно быть без отмелей, с устойчивыми берегами. Металлическую трубу водозабора укладывают на 1...1,5 м ниже меженного уровня воды и на 0,5...0,8 м выше дна реки. Оголовок трубы, забирающий воду, ограждают железной решеткой и оборудуют сеткой, которые будут задерживать крупные плавающие предметы, мелкие растительные частицы и мусор.

Общая схема водоснабжения из реки приведена на рисунке 127. В небольших населенных пунктах речную воду для водоснабжения очищают в колодцах-фильтрах (рис. 128).

Прибрежную полосу (80...100 м) прудов и водохранилищ, используемых в качестве источников водоснабжения, обсажи-

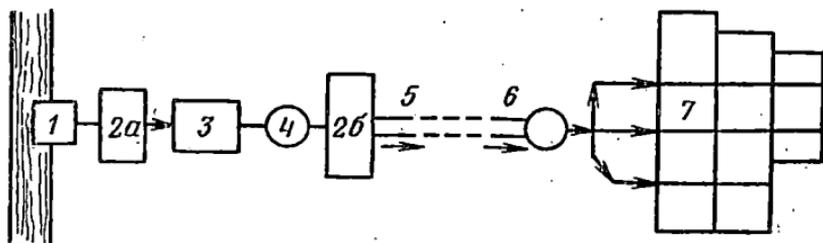


Рис. 127. Общая схема водоснабжения из реки:

1 — водоприемное сооружение; 2а, 2б — насосные станции первого и второго подъема; 3 — очистные сооружения; 4 — сборный резервуар; 5 — водовод; 6 — водонапорная башня; 7 — сеть труб, разводящих воду к потребителям.

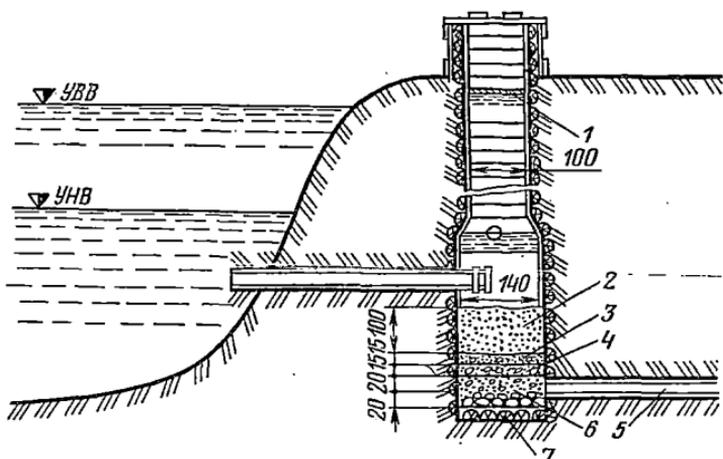


Рис. 128. Схема колодца фильтра:

1 — настил из досок; 2 — песок; 3 — крупный песок; 4, 6 — мелкий и крупный гравий; 5 — труба к водопроводу; 7 — булыжник. Размеры в см.

вают лесными полосами или залужают. В этих водоемах запрещается стирать белье, замачивать лен и коноплю, на их берегах не разрешается выпасать скот, уток, гусей. В зимний период для улучшения аэрации во льду устраивают проруби.

Открытые источники водоснабжения периодически очищают от ила, углубляют. Мелководье (глубина линии 2 м) на прудах и водохранилищах не должно превышать 20 % площади их водной поверхности. Для борьбы с зарастанием водоемов в мае и июне на берегах и в прибрежной части (с лодки) следует выкашивать траву.

## § 118. Подземные источники

Подземные воды залегают на различных глубинах от поверхности земли и в различных геологических условиях (рис. 129). Для целей водоснабжения используют артезианские и родниковые (ключевые) воды, выходящие на поверхность земли под действием напора в водоносном горизонте, а также воды верхних водоносных горизонтов, образовавшиеся на первом водоупорном слое, покрытом сверху водонепроницаемыми почвогрунтами.

Для определения глубины залегания водоносных горизонтов, их притока (дебита) проводят гидрогеологические изыскания: закладывают несколько буровых скважин или трубчатых колодцев и по ним устанавливают положение грунтовых вод.

Приток воды к совершенному трубчатому колодцу:

$$Q = 1,36K \frac{H^2 - h^2}{\lg(R/r)}$$

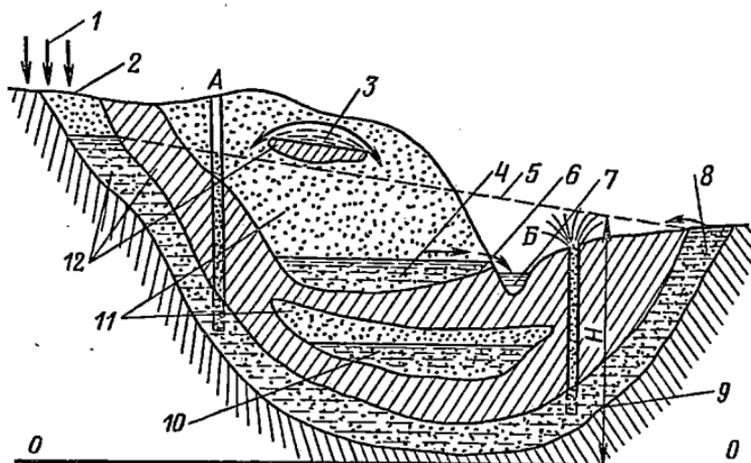


Рис. 129. Схема залегания подземных вод:

1 — осадки; 2, 8 — зоны питания артезианских вод и разгрузки напорных; 3 — верховодка; 4 — грунтовые воды; 5 — пьезометрическая линия; 6 — нисходящий источник; 7 — река; 9, 10 — межпластовые напорные (артезианские) и безнапорные воды; 11 — водопроницаемые грунты; 12 — водоупорные породы; А, Б — артезианские скважины.

где  $K$  — коэффициент фильтрации грунта, м/с;  $R$  — радиус сферы действия колодца (радиус влияния), ориентировочно равен: в мелких песках 50...100 м, средней крупности 100...300, крупных 300...400, гравелистых 400...600, в мелком гравии 400...600 м, среднем 600...1500, крупном 1500...3000 м;  $H$  — глубина воды в водоносном слое до откачки из колодца, м;  $h$  — глубина воды на внешней стенке фильтра колодца, м;  $r$  — радиус колодца, м.

Радиус влияния колодца

$$R = 575S \sqrt{HK},$$

где  $S$  — глубина откачки воды в колодце, м;  $H$  — мощность водоносного пласта, м;  $K$  — коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/с.

Забор воды из подземных водных источников осуществляется с помощью шахтных колодцев, каптажных сооружений на родниках, горизонтальных водозаборных сооружений (траншеи, галереи и др.) и буровых скважин.

**Шахтные колодцы** (рис. 130) предназначены главным образом для забора воды из неглубокозалегающих (не глубже 20 м) водоносных слоев незначительной мощности. Для защиты колодцев от возможных загрязнений вокруг оголовка устраивают замок (из мятой, жирной, хорошо утрамбованной глины) глубиной 1,5...2 м и шириной 1 м. Сверху замка делают мостовую или асфальтовое покрытие шириной 2 м и уклоном от колодца 0,1. Шахту крепят деревянным срубом, камнем, кирпичом, бетонными

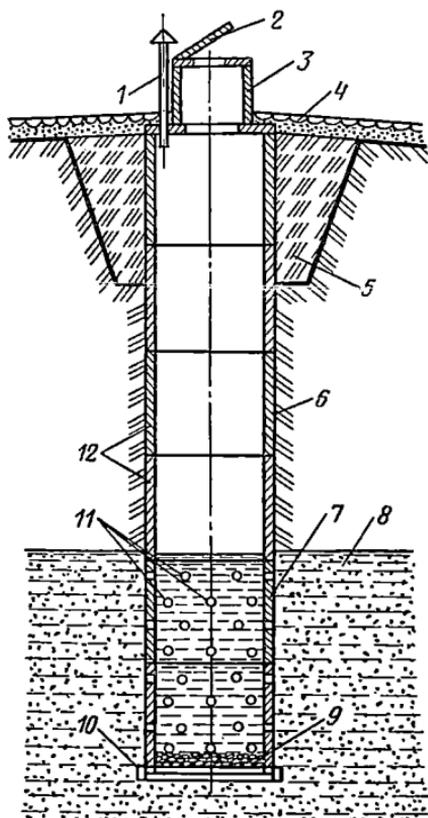


Рис. 130. Схема шахтного колодца:

1 — вентиляционная труба; 2 — крышка; 3 — оголовок; 4 — каменная отмостка; 5 — глиняный замок; 6 — подземная часть колодца (ствол); 7 — водоприемник; 8 — водоносный слой; 9 — слой гравия; 10 — нож из уголкового железа; 11 — водоприемные отверстия; 12 — бетонные кольца.

кольцами. Чтобы вместе с водой в колодец не поступали частицы водоносной породы, водоприемные отверстия заполняют песком и гравием. Для защиты от запыливания водоприемной части и взмучивания воды при ее заборе дно колодца засыпают крупным песком, потом мелким и крупным гравием (общий слой 0,3 м).

Шахтные колодцы глубиной до 40 м отрывают копателями КШК-30А (рис. 131) и КШС-40. Производительность КШК-30А — 1...1,2 м/ч, КШС-40 — 1,6...1,8 м/ч.

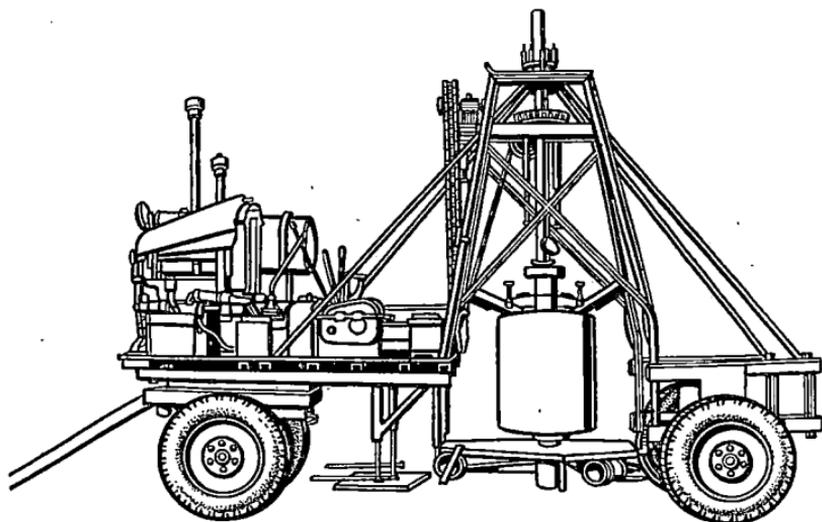


Рис. 131. Копатель шахтных колодцев КШК-30А.

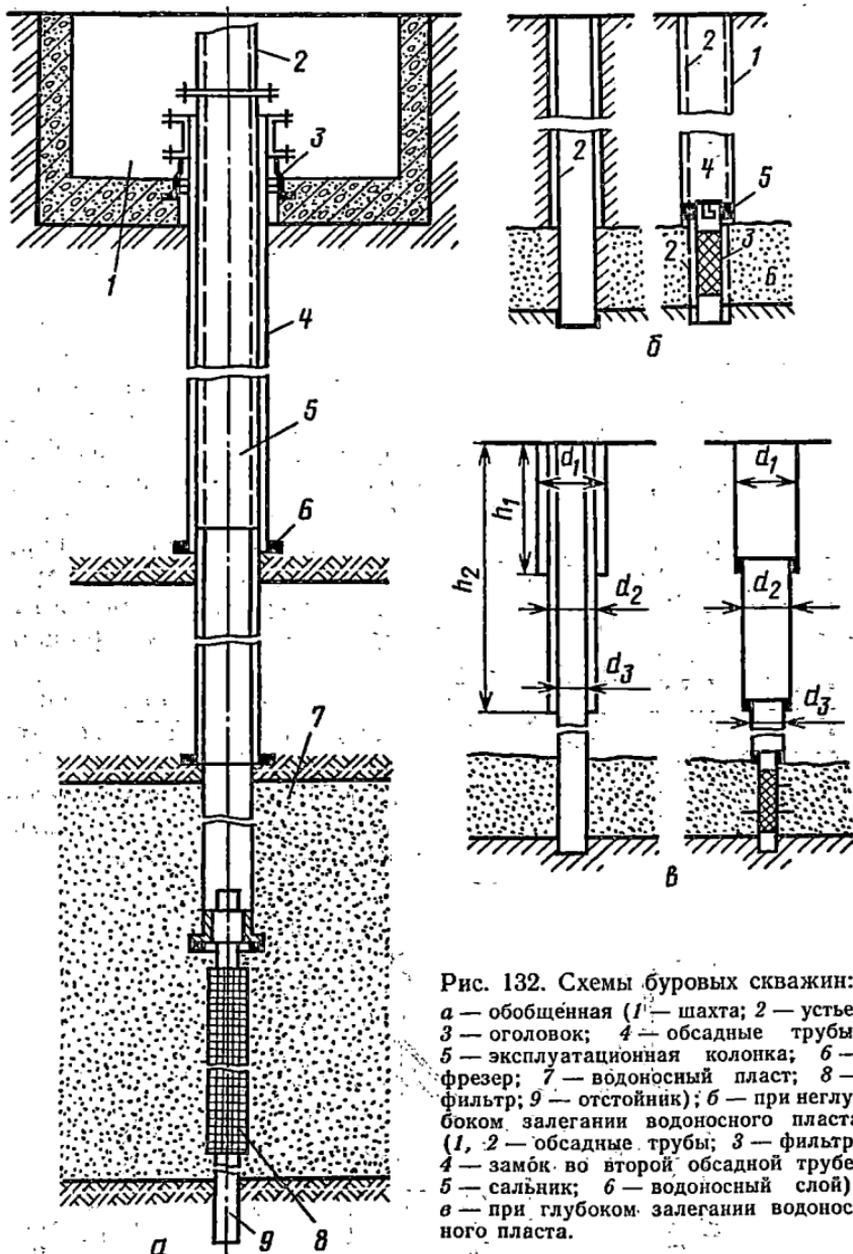


Рис. 132. Схемы буровых скважин: а — обобщенная (1 — шахта; 2 — устье; 3 — оголовок; 4 — обсадные трубы; 5 — эксплуатационная колонка; 6 — фрезер; 7 — водоносный пласт; 8 — фильтр; 9 — отстойник); б — при неглубоком залегании водоносного пласта (1, 2 — обсадные трубы; 3 — фильтр; 4 — замок во второй обсадной трубе; 5 — сальник; 6 — водоносный слой); в — при глубоком залегании водоносного пласта.

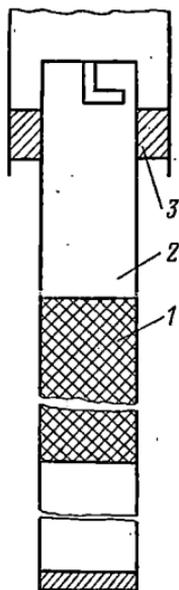


Рис. 133. Схема фильтра буровой скважины: 1 — рабочая часть, через которую поступает вода; 2 — надфильтровая часть с замком; 3 — сальник.

*Буровые скважины* (рис. 132) применяют при заборе воды из глубокозалегающих (50...180 м) водоносных пластов. Дебит их зависит от мощности водоносного пласта и диаметра и составляет 0,5...35 м<sup>3</sup>/ч.

При относительно неглубоком залегании водоносного пласта стенки скважины при бурении закрепляют обсадными трубами. Первую обсадную трубу опускают до верхней границы водоносного горизонта, вторую (диаметр ее несколько меньше, чем диаметр первой) — до нижней с заглублением в подстилающий водопорный слой. Потом с помощью штанг и специальных замков во вторую трубу опускают фильтр (рис. 133), который предотвращает попадание в скважину вместе с водой частиц

грунта из водоносного пласта. После установки фильтра вторую трубу поднимают на поверхность земли, а кольцевое пространство между стенками обсадной трубы и фильтром уплотняют сальником.

При глубококом залегании водоносного горизонта достигнуть его одной обсадной трубой нельзя из-за значительного роста сопротивления грунта стенок скважины. В этом случае для за-

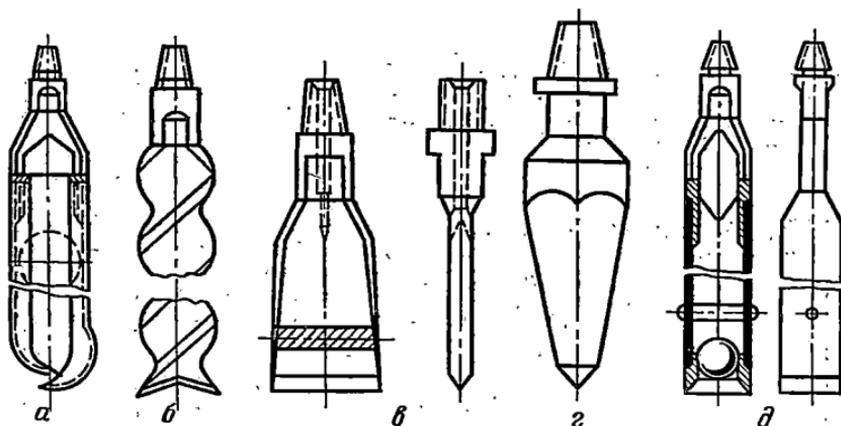


Рис. 134. Основные типы буровых наконечников:

а — ложкавый бур (ложка); б — спиральный бур (змеевик); в, г — плоское и пирамидальное долото; д — желонка с шаровым клапаном.

крепления стенок скважины при бурении используют несколько обсадных труб. Причем диаметр второй трубы должен быть несколько меньше диаметра первой, диаметр третьей — несколько меньше диаметра второй и т. д. Последняя труба должна заглубиться в водоносный горизонт. Потом в скважину опускают фильтр (на уровень водоносного горизонта). Нижнюю обсадную трубу поднимают на высоту его верхнего конца. Остальные обсадные трубы, кроме верхней, труборезом обрезают изнутри в стыке с последующей трубой. Кольцевые пространства в стыках тампонируют цементным раствором.

Для буровых работ применяют различные типы буровых наконечников (рис. 134).

В мягких устойчивых грунтах (глины, суглинки, супесчаные и влажные пески) при бурении применяют буровую ложку, в вязких грунтах с камневидными включениями (глины, суглинки, влажный мел) — спиральный бур или змеевик. Твердые породы бурят с помощью бурового долота. Мелкую разбуренную породу из скважины извлекают желонкой.

Места для закладки буровых скважин выбирают по материалам гидрогеологических обследований местности с обязательным учетом санитарно-гигиенических требований. Бурят их обычно механическим способом с помощью различных самоходных буровых установок: УРБ-ЗАМ, УРБ-2А, 1БА15В (рис. 135) и др.

Буровые скважины должны быть надежно защищены от загрязнения.

Рис. 135. Схема буровой машины 1БА15В:  
1 — автомобиль МАЗ-500; 2 — гидродомкрат;  
3 — мачта (в транспортном положении);  
4 — ротор. Размеры в мм.



## § 119. Водоподъемники

Затраты на забор и подъем воды из водных источников составляют 30...50 % всех затрат на работы по добыванию воды. Тип водоподъемного оборудования подбирают с учетом типа водного источника (река, озеро, водохранилище, шахтный колодец, буровая скважина), дебита скважины, глубины и изменения уровня воды в источнике.

Для подъема воды из прудов применяют сифоны, из рек и других проточных водосмов — гидравлический таран, из шахтных колодцев и буровых скважин — поршневые, центробежные, вихревые одноступенчатые насосы, специальные скважинные насосные агрегаты, водоструйные установки, пневматические водоподъемники и др.

*Сифоны* устраивают из металлических труб. Диаметр труб выбирают в зависимости от расхода воды. Верхний конец сифона опускают в пруд с заглублением на 1,5...2 м ниже уреза воды и снабжают обратным клапаном, открывающимся при работе сифона, нижний — опускают в водопойное корыто и снабжают задвижкой или вентилем, с помощью которых можно закрыть или открыть сифон. Для выпуска воздуха из патрубка сифона в верхней его части (на гребне плотины) устанавливают воздушный вентиль. Работает сифон следующим образом. Через верхний патрубок (при закрытой задвижке) его заполняют водой (вручную или насосом) до тех пор, пока не появится вода в воздушном вентиле. Это означает, что весь воздух из сифона вышел. Верхний патрубок и воздушный вентиль закрывают. Под давлением воды обратный клапан также закрывается. Открывают задвижки на нижнем конце сифона, и вода из него начинает вытекать в водопойное корыто. Но поскольку воздуха в сифоне нет, на место вышедшей воды через обратный клапан будет поступать вода из пруда. Сифон может работать непрерывно, если, конечно, в него не попадет через стыки труб воздух и не будет разорван текущий поток воды. В таком случае все повторяют сначала: заливают сифон водой через верхний патрубок, выпускают воздух и т. д. Чтобы остановить работу сифона, на его нижнем конце закрывают задвижку.

*Гидравлический таран* может подавать воду непосредственно к месту ее потребления или в водонапорную башню. Для установки его необходимо, чтобы вода в реке или в другом водном источнике могла создать в питательной трубе тарана напор 1 м и более. С увеличением напора подача тарана повышается. Для создания напора обычно используют естественный уклон русла реки или местный перепад, сооружают плотину или запруды.

Гидравлический таран очень прост по устройству и не требует

постоянного надзора за работой. Схема его установки показана на рисунке 136. Чтобы пустить таран в работу, надо нажать рукой на стержень отбойного клапана. При этом вода из водного источника устремляется по питательной трубе через отверстия клапана наружу, набирая скорость, и приподнимает (закрывает) его. В таране происходит гидравлический удар. Давление воды под отбойным клапаном и в нагнетательной трубе повышается. Нагнетательный клапан входит в воздушный и сжимает находящийся в нем воздух. Вода начинает подниматься по водоподъемной (нагнетательной) трубе в водонапорный резервуар. Когда энергия гидравлического удара будет израсходована и в питательной трубе понизится давление, отбойный клапан вновь откроется, и все повторится сначала. Процесс этот будет продолжаться до тех пор, пока не будет прекращена подача воды по питательной трубе в таран.

*Поршневые насосы* состоят из цилиндра и поршня и бывают одинарного и двойного действия (рис. 137). Поршень может двигаться назад и вперед в горизонтальных или вверх и вниз в вертикальных насосах. Цилиндр имеет два клапана — всасывающий и нагнетательный.

Одинарный насос работает следующим образом. При движении поршня вверх в рабочей камере (цилиндре) создается давление меньше атмосферного (вакуум). Под действием вакуума нагнетательный клапан закрывается, а всасывающий открывается. На свободную поверхность воды в водном источнике действует атмосферное давление, и вода из водоема через всасываю-

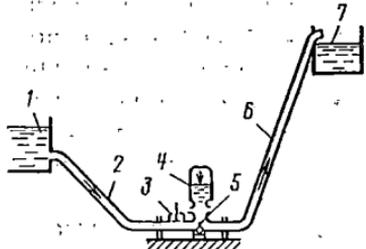


Рис. 136. Схема установки гидравлического тарана:

1 — водисточник; 2, 6 — питательная и нагнетательная трубы; 3, 5 — отбойный и нагнетательный клапаны; 4 — гидравлический таран; 7 — напорный резервуар.

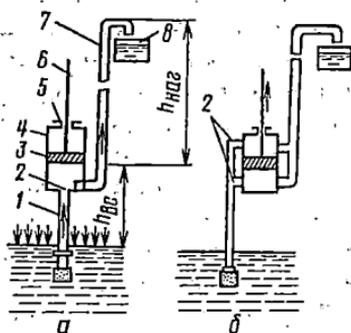


Рис. 137. Схемы поршневых насосов:

а — одинарного действия; б — двойного действия; 1, 7 — всасывающая и нагнетательная трубы; 2 — всасывающий клапан; 3 — поршень; 4 — цилиндр насоса; 5 — штанга поршня; 6 — штанга поршня; 8 — резервуар.

шую трубу поступает в рабочую камеру. При ходе поршня вниз в рабочей камере повышается давление. Всасывающий клапан закрывается, а нагнетательный открывается. Вода идет в нагнетательную трубу, и все повторяется сначала.

Высота всасывания насоса определяется атмосферным давлением. Теоретическая высота всасывания не должна быть более 10 м над уровнем воды в источнике. В техническом паспорте поршневых насосов всегда указывают допустимую высоту всасывания. Высота нагнетания или подъема зависит от конструкции насоса и мощности двигателя и составляет 8...75 м.

Подача (л/мин) одинарного насоса:

$$Q = \pi \alpha R^2 n h,$$

где  $\alpha$  — коэффициент наполнения насоса водой, равен 0,9...0,95;  $R$  — радиус поршня, дм;  $h$  — ход поршня, дм;  $n$  — число полных качаний (вперед и назад) поршня в минуту.

Подача насоса двойного действия примерно равна  $2Q$ , и процесс всасывания и нагнетания у него происходит при каждом ходе поршня.

*Центробежные насосы* могут быть низконапорными (до 30 м), средненапорными (30...60 м) и высоконапорными (более 60 м). Классификация их приведена на рисунке 138, а схема установки — на рисунке 139.

Рабочее колесо таких насосов имеет спиральные лопасти и приводится во вращение двигателем. Насос перед пуском заливают водой. При быстром вращении колеса под действием центробежных сил вода от центра насоса устремляется к внешней окружности корпуса и далее по его спиральным каналам в напорную трубу. Центробежные силы движения воды в насосе, а затем в напорной трубе преобразуются в напор. Чем больше оборотов в минуту делает рабочее колесо, тем больший напор создается в напорном трубопроводе. При работе насоса в его корпусе возникает разрежение и вода из водного источника устремляется в насос. Мусор, увлекаемый при этом водой, задерживается всасывающим оголовком, установленным на всасывающей трубе и имеющим мелкие отверстия. Чтобы облегчить ток воды через оголовок, его оборудуют приемным клапаном. Но такой клапан увеличивает гидравлические сопротивления и снижает высоту всасывания.

Наиболее часто в сельскохозяйственном водоснабжении используют центробежные консольные насосы марки:

$$aK - Q_r/H \text{ и } aKM - Q_r/H,$$

где  $a$  — диаметр (мм) входного патрубка, уменьшенный в 25 раз;  $K$  — консольный;  $KM$  — консольный моноблочный;  $Q_r$  и  $H$  — соответственно

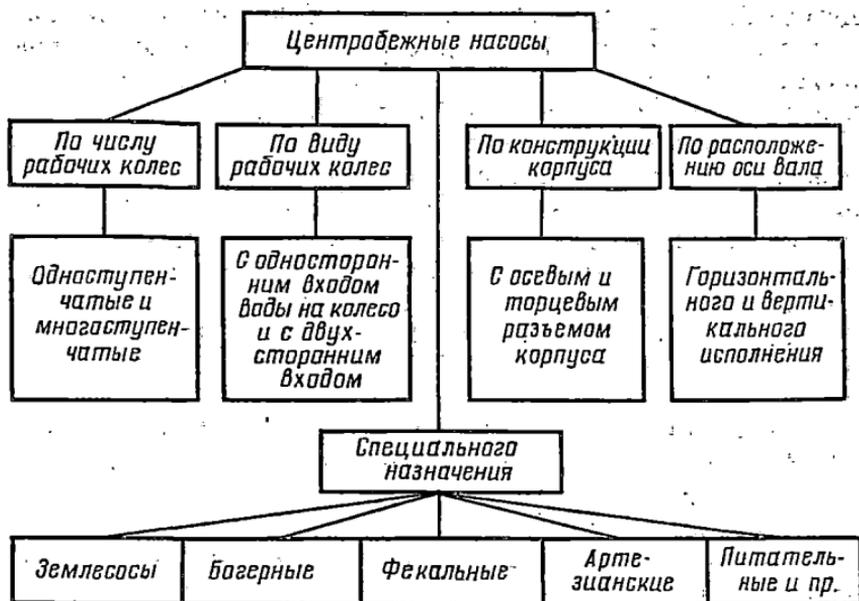


Рис. 138. Классификация центробежных насосов.

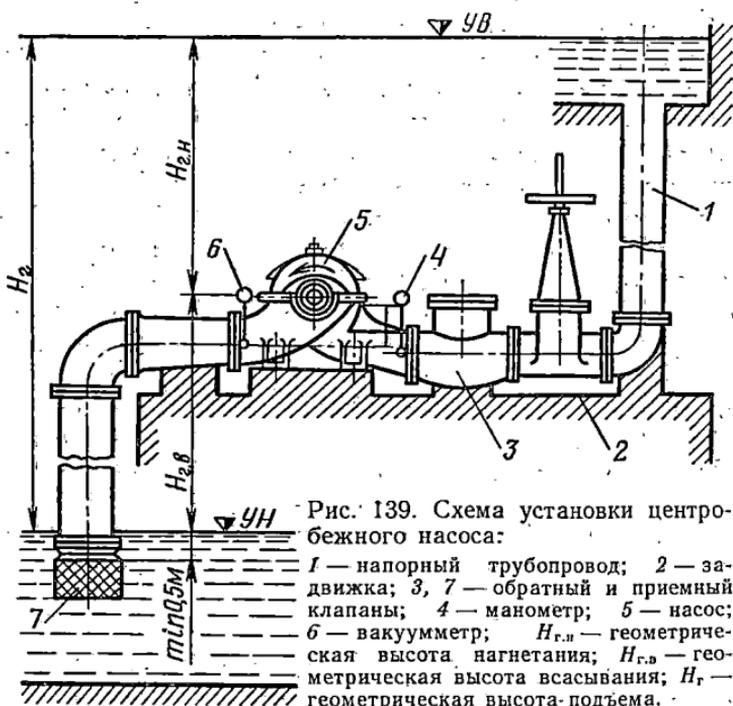


Рис. 139. Схема установки центробежного насоса:

1 — напорный трубопровод; 2 — задвижка; 3, 7 — обратный и приемный клапаны; 4 — манометр; 5 — насос; 6 — вакуумметр;  $H_{г.п.}$  — геометрическая высота нагнетания;  $H_{г.в.}$  — геометрическая высота всасывания;  $H_{г.}$  — геометрическая высота подъема.

подача ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) и напор ( $\text{м}$ ) насоса при максимальном значении  $\eta_{\text{max}}$ . Например, насос марки 4К-90/34 — консольный с диаметром входного патрубка 100 мм, подачей воды  $90 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напором 34 м.

Одноколесные насосы с двухсторонним входом воды на колесо обозначают  $DQ_rH$ , где  $D$  — двухсторонний вход воды,  $Q_r$  — подача воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $H$  — напор, м.

Марка вертикальных консольных насосов имеет вид  $D_nB-Q/H$ , где  $D_n$  — диаметр напорного патрубка, мм,  $B$  — вертикальный,  $Q$  — подача воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $H$  — напор, м.

При подъеме воды на значительную высоту нашли применение многоколесные, или многоступенчатые, насосы: секционные (МС); спиральные с рабочими колесами одностороннего входа воды (М); спиральные, имеющие первое колесо с двусторонним входом воды, а остальные — с односторонним (МД). Марка их записывается следующим образом: ЦНС  $Q_r - H$  (где ЦНС — центробежный секционный насос;  $Q_r$  — подача,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $H$  — напор, м).

Геодезическая высота центробежных насосов, или высота установки насоса над динамическим уровнем воды в водном источнике, допускается до 7 м. В глубоких шахтных колодцах центробежные насосы с электродвигателем устанавливают на 5...6 м выше динамического и несколько выше статического уровней воды, чтобы не происходило затопления насоса и двигателя при повышении уровня воды во время остановки насоса.

*Вихревые одноступенчатые насосы* предназначены для подачи небольших расходов чистой воды на большую высоту. Выпускают их следующих типов: В — с проходным валом, ВС — то же, самовсасывающий; ВК — консольный; ЦВ — центробежный.

Наиболее широко в сельскохозяйственном водоснабжении используют насосы типа ВК — отличающиеся простотой устройства и небольшими размерами и массой.

Вода в вихревых насосах движется к периферии корпуса. Коэффициент полезного действия их составляет 0,18...0,4.

*Скважинные центробежные насосные агрегаты* могут быть полупогружными и погружными.

Полупогружные агрегаты состоят из погружного центробежного скважинного насоса и располагаемого на поверхности земли электродвигателя. Насос и электродвигатель соединяет трансмиссионный вал длиной до 100 м. Выпускают такие агрегаты трех типов. АТН (А — артезианский, Т — трансмиссионный, Н — насос); А (артезианский); ЦТВ (Ц — центробежный, Т — с трансмиссионным валом, В — водяной).

Артезианские насосы АТН — скважинные агрегаты с трансмиссионным валом — выпускают трех размеров (по внутреннему условному диаметру обсадных труб): 8, 10 и 14 мм, уменьшенные

в 25 раз. Так, в марке насоса АТН-14-1-6 цифра 14 означает условный диаметр скважины (внутренний диаметр трубы, уменьшенный в 25 раз), 1 — порядковый номер модификации насоса, 6 — число рабочих колес (секций).

Насосы типа А выпускают с рабочими колесами, имеющими односторонний вход воды.

Полупогружные насосные агрегаты обеспечивают подачу воды 4...1250 м<sup>3</sup>/ч при напоре соответственно 20...200 м.

Скважинные погружные агрегаты (рис. 140) выпускают типа ЭЦВ (Э — привод от погруженного электродвигателя; Ц — центробежный, В — подача воды). Электроэнергию к двигателю подводят сверху по специальному кабелю. Входное отверстие для воды защищено сеткой.

Насосный агрегат с помощью водоподъемных труб опускают в скважину на такую глубину, чтобы верхний фланец клапанной коробки был погружен в воду ниже ее динамического уровня не менее чем на 1,5 м. Днище электродвигателя должно находиться выше фильтра не менее чем на 1 м.

Напор погружных насосных агрегатов может составлять 600 м и более.

Водоструйные установки (рис. 141) предназначены для подъема воды с глубины до 70 м при диаметрах буровых скважин 100, 150 и 200 мм. Работают они следующим образом. В водоструйный аппарат центробежным насосом подают небольшое количество воды. Эта вода с большой скоростью проходит через его сопло и создает в нем разрежение. В результате разрежения в водоподъемную трубу из скважины поступает грунтовая вода и достигает высоты, достаточной для

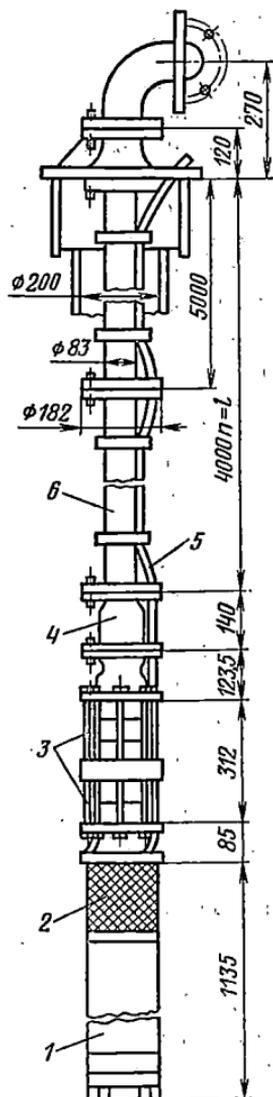


Рис. 140. Схема погружного насосного агрегата типа ЭЦВ:

1 — двигатель; 2 — сетка; 3 — насос; 4 — обратный клапан; 5 — кабель; 6 — напорный трубопровод. Размеры в мм.

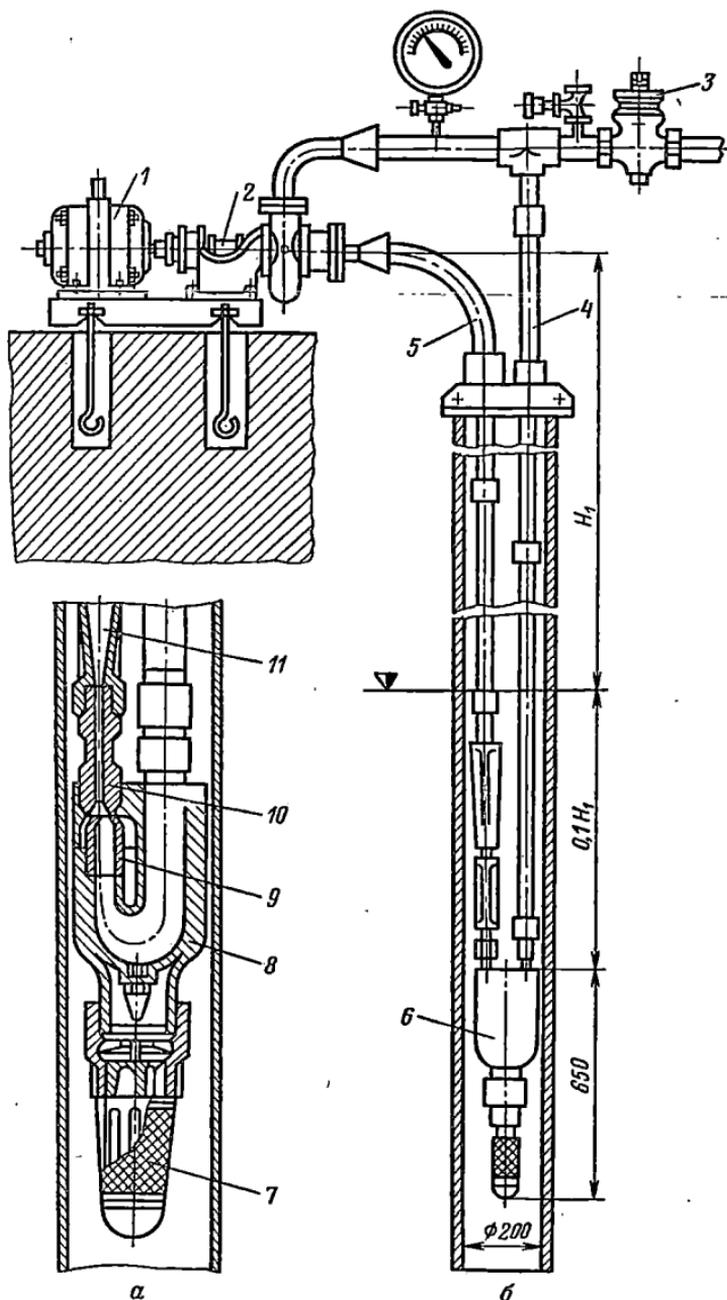


Рис. 141. Схемы водоструйной установки (б) и водоструйного насоса ВН-2-8 (а):

1 — двигатель; 2 — насос; 3 — задвижка; 4, 5 — напорный и водоподъемный трубопроводы; 6 — водоструйный насос; 7 — сетка; 8 — корпус; 9 — сопло; 10 — смеситель; 11 — диффузор. Размеры в мм.

засасывания ее центробежным насосом. Большую часть поднятой воды центробежный насос подают по напорному трубопроводу к водопотребителю, а меньшую — снова к водоструйному аппарату. И весь процесс подъема повторяется.

Коэффициент полезного действия водоструйных установок невысок — 0,35. Однако они имеют большое преимущество перед поршневыми и погружными насосами: у них нет погруженных в скважину механизмов с движущимися частями, поэтому такие установки более надежны в работе, стоят в 2...3 раза дешевле.

*Пневматические водоподъемники*, или эрлифты (рис. 142), предназначены для забора воды из буровых скважин глубиной 50...90 м, просты и удобны в эксплуатации. В нижний конец трубы нагнетается от компрессора сжатый воздух, образуется смесь воды с воздухом. Объемная масса этой смеси ( $s$ ) меньше 1, поэтому она поднимается вверх по трубе на высоту  $H = h/s$ . Трубу эрлифта погружают в воду на глубину 40...70 %  $H$ . Подача эрлифта зависит от количества подаваемого сжатого воздуха и изменяется от 2 до 75 л/с при диаметре подъемной трубы от 5 до 20 см.

Недостатки эрлифта — сравнительно низкий КПД (0,2...0,25) и необходимость значительного заглубления нижнего конца водоподъемной трубы под динамический уровень воды в буровой скважине, что требует бурения глубоких скважин.

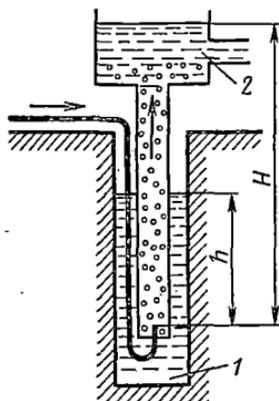


Рис. 142. Схема эрлифта: 1 — вода; 2 — труба для отвода воды.

## Глава 19. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ВОДОПРОВОДЫ И КАНАЛИЗАЦИЯ. ОБВОДНЕНИЕ СТЕПЕЙ И ПУСТЫНЬ

### § 120. Водопроводы

Воду от источника водоснабжения к водопотребителю можно доставить: вручную, конным или автомобильным транспортом, по трубопроводам.

Ручную доставку применяют редко и только при малых расходах воды на водопотребление и коротких (до 150 м) расстояниях между источником водоснабжения и водопотребителем. Она дорога и малопроизводительна.



Рис. 143. Схема водопровода из подземного водоисточника:  
 1 — водозабор (буровая скважина или шахтный колодец);  
 2 — насосная станция; 3 — водонапорная башня; 4 — водопроводная сеть.

Конный и автомобильный транспорт используют для подвоза воды на расстояния не более 3 км при небольшом и временном водопотреблении, например на полевые станы, тока.

В крупные сельские населенные пункты воду от источника водоснабжения подают по трубопроводам. Себестоимость таким образом доставленной воды в 2...5 раз ниже, чем при подвозе воды автотранспортом.

Схемы водопроводов зависят от характера источника водоснабжения. Как правило, схема водопровода при доставке воды из подземных источников (рис. 143) бывает намного проще и дешевле схемы при доставке воды из поверхностных источников (рис. 144). Это объясняется тем, что подземные воды обычно меньше загрязнены, чем поверхностные.

В зависимости от степени охвата водопотребителей водопроводные системы делятся на централизованные, децентрализованные и комбинированные.

Централизованные водопроводные системы подают воду всему комплексу водопотребителей поселка, хозяйства или района. При заборе воды из многоводного источника наиболее экономически целесообразно подводить воду на большие расстояния не в одно хозяйство, а в целую группу, то есть строить групповые водоводы.

Децентрализованные водопроводные системы подают воду в отдельные обособленные объекты водопотребления. В одном хозяйстве может быть несколько водопроводных систем, работающих независимо одна от другой.

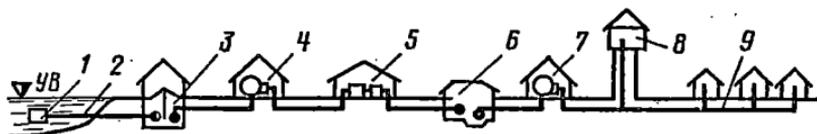


Рис. 144. Схема водопровода из поверхностного водоисточника:  
 1 — оголовок водозаборной трубы; 2 — самотечная линия; 3 — береговой водозаборный колодец; 4, 7 — насосные станции первого и второго подъема; 5 — водоочистное сооружение; 6 — подземный резервуар чистой воды; 8 — водонапорная башня; 9 — водопроводная сеть.

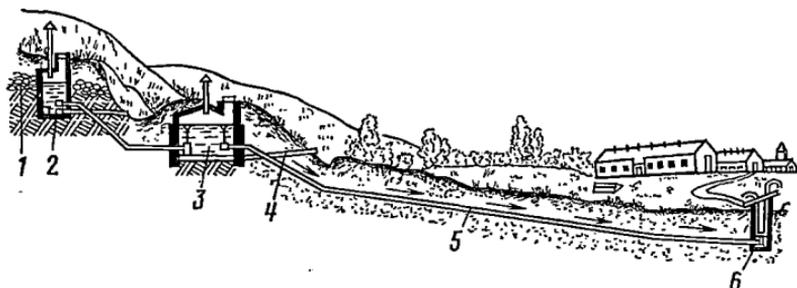


Рис. 145. Схема самотечного водопровода с забором воды из подземного каптажированного источника:

1 — водоносный горизонт; 2 — каптаж ключей; 3 — сборный резервуар; 4 — выпуск; 5 — водопровод; 6 — водозабор.

Комбинированные водопроводные системы включают групповые и обособленные водопроводы.

Выбор той или иной схемы водопроводной системы обосновывается технико-экономическими расчетами.

По характеру создания напора в трубах водопроводы подразделяют на самотечные напорные и безнапорные и нагнетательно-напорные.

Самотечные напорные (рис. 145) и безнапорные водопроводы сооружают в тех местах, где водный источник расположен выше водопотребителя. Вода в них движется самотеком под действием гравитационных сил. При этом в напорных водопроводах вода заполняет все поперечное сечение трубы, а в безнапорных — только часть.

В нагнетательно-напорных водопроводах напор создается насосом.

В комплекс водопроводной системы входят насосные станции, водонапорные башни, водонапорные резервуары, водопроводная сеть.

*Насосная станция* забирает воду из источника водоснабжения и подает ее на водоочистные сооружения, а если очистка воды не требуется, то непосредственно в водонапорную башню и водопроводную сеть. Производительность, полный напор и мощность насосной станции определяют гидравлическим расчетом. Причем производительность станции зависит от суточного расхода водопровода, максимального водопотребления, продолжительности ее работы в течение суток и не должна превышать дебит водного источника. Если, например, расход водопровода составляет  $140 \text{ м}^3/\text{сут}$ , а насосная станция работает 18 ч в сутки (с 4 до 22 ч), то ее производительность:

$$Q = 140 / (18 \cdot 3600) = 2,16 \text{ л/с.}$$

Полный манометрический напор насосной станции:

$$H = H_6 + H_{\text{бак}} + \sum h_0 + \sum h_{\text{вс}} + (Z_6 - Z_0),$$

где  $H_6$  — высота водонапорной башни от поверхности земли до дна бака, м;  $H_{\text{бак}}$  — высота воды в баке, м;  $\sum h_0$ ,  $\sum h_{\text{вс}}$  — сумма путевых потерь напора соответственно в водоводе и всасывающей трубе насоса, м;  $Z_6$  — отметка поверхности земли у башни, м;  $Z_0$  — отметка уровня воды в водозаборном сооружении, м.

Мощность (кВт) насосной станции:

$$N = k \cdot 9,8QH/\eta,$$

где  $Q$  — расход воды, подаваемый насосной станцией, м<sup>3</sup>/с;  $H$  — полный манометрический напор, м;  $k$  — коэффициент запаса мощности станции на перегрузку, равен 1,1...1,2;  $\eta$  — КПД насосной станции.

Водонапорная башня предназначена для накопления запаса воды и создания необходимого напора в водопроводной сети в период, когда насосная станция не работает или когда расход воды на водопотребление превышает производительность насосной станции. Запас воды в такой башне накапливается в часы минимального водопотребления.

Водопровод может работать и без водонапорной башни, но при этом насосная станция должна иметь большую мощность и секундный расход, обеспечивающие круглосуточное водопотребление, что увеличивает затраты на ее строительство и эксплуатацию.

Водонапорные башни могут быть шатровыми (рис. 146) и бесшатровыми (рис. 147). Сооружают их из кирпича, металла, дерева и железобетона.

Для того чтобы обеспечить своевременную подачу необходимого расхода в водопроводную сеть, часто водонапорные башни и насосные станции оборудуют автоматическими устройствами (рис. 148).

Объем бака водонапорной башни устанавливают путем сравнения графика водопотребления с графиком работы насосной станции. Он, из-за большой стоимости водонапорных башен, не должен превышать 15 %, а при больших суточных расходах — 50 % суточного водопотребления.

Высота водонапорной башни

$$H_6 = H_c + \sum h_c + Z_d - Z_6,$$

где  $H_c$  — свободный напор в наиболее удаленной или высокорасположенной (диктующей) точке водопроводной сети, м;  $\sum h_c$  — потери напора в трубопроводе от башни до диктующей точки, м;  $Z_d$  и  $Z_6$  — отметки поверхности земли соответственно у диктующей точки и у основания башни, м.

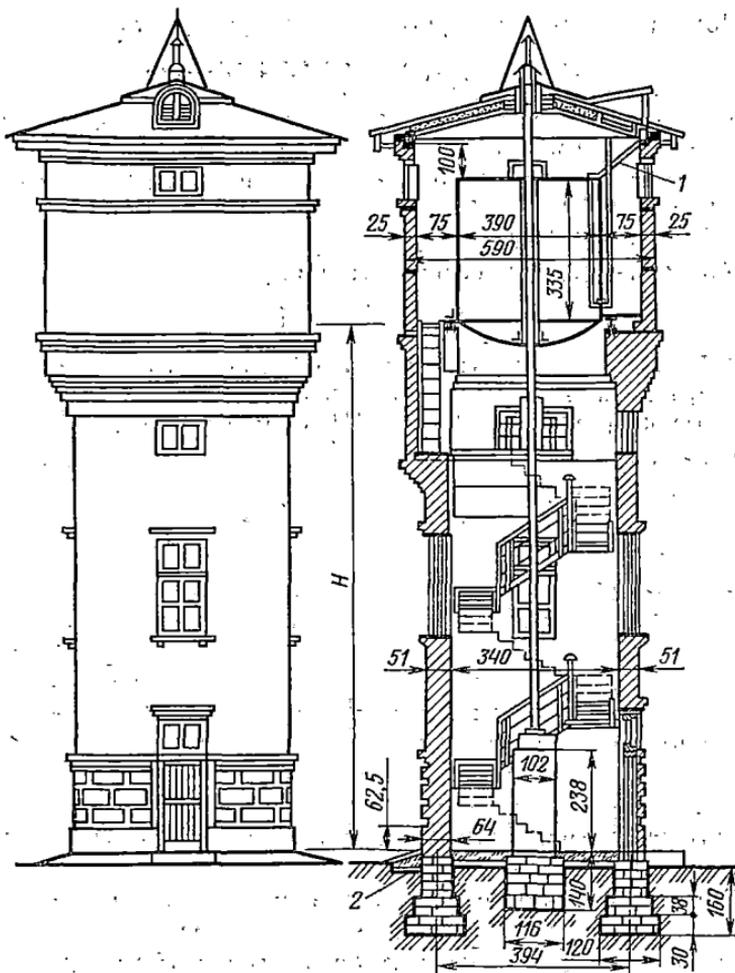


Рис. 146. Схема кирпичной шатровой водонапорной башни с металлическим баком:

1 — лестница на крышу; 2 — цементный раствор состава 1 : 2 толщиной 2 см. Размеры в см.

Свободный напор в поселках жилой зоны при одноэтажной застройке должен быть равен 10 м, при двухэтажной — 12 м; для каждого последующего этажа свободный напор увеличивают на 4 м. Свободный напор в водопроводе производственно-хозяйственных предприятий назначают с учетом требований технологии производства. Для водозаборных колонок и пожарных гидрантов водопроводной сети его принимают не менее 10 м, в отдельных высоко расположенных точках водопроводной сети — не менее 7 м. Свободный напор в водопроводах обособленно стоя-

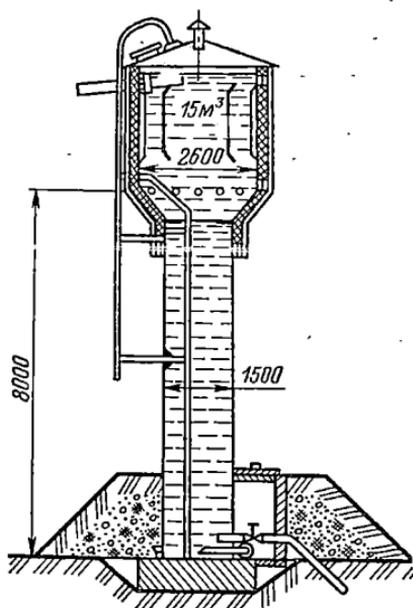
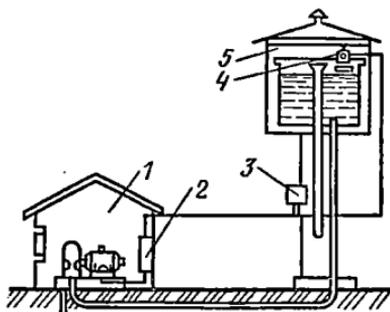


Рис. 147. Схема бесшатровой сборно-блочной металлической водонапорной башни. Размеры в мм.

Рис. 148. Схема автоматического управления работой электродвигателей насосов:

1 — насосная станция; 2 — станция управления; 3 — пост управления; 4 — датчик уровня воды; 5 — водонапорная башня.



щих высоких зданий можно создавать насосными установками.

*Водонапорные резервуары* предназначены для аккумуляции воды и сооружаются в том случае, если их устройство экономически целесообразнее устройства водонапорной башни. Выполняют резервуары из кирпича, железобетона, бутобетона, армированного бетона. Стенки их и дно изнутри обмазывают цементным раствором слоем 2,5 м и тщательно затирают, что делает резервуары водонепроницаемыми. Иногда сверху их засыпают землей, то есть выполняют подземными (рис. 149).

В населенных пунктах, имеющих надежное электропитание, вместо водонапорных башен можно применять безбашенные водокачки (рис. 150).

*Водопроводная сеть* транспортирует и распределяет воду между водопотребителями и состоит из материальных и распределительных водоводов.

Магистральные водоводы подают воду от источников водоснабжения в распределительные водоводы. Располагают их по возможности по водораздельным линиям местности, на односкатном склоне — по его верхней границе, на ровной местности — посередине участка (поселка). Трубы укладывают в непромерзающий грунт (ниже глубины промерзания).

Распределительные водоводы прокладывают от магистральных до места разбора воды — домов и хозяйственных зданий.

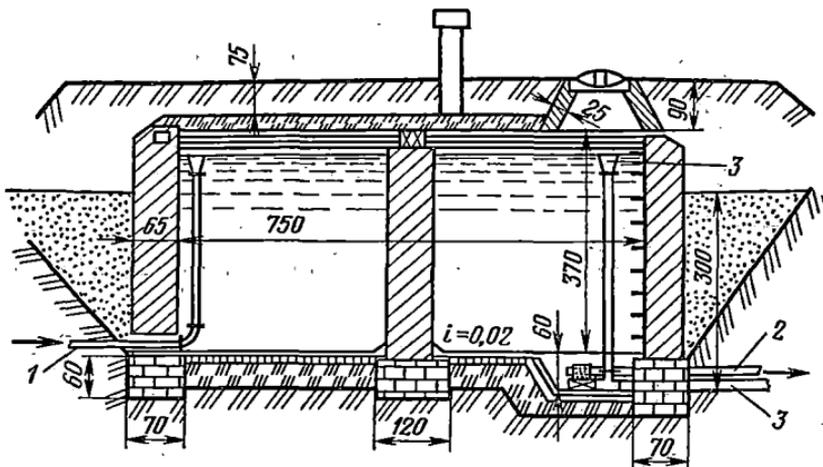


Рис. 149. Схема подземного кирпичного резервуара:

1, 2, 3 — трубы соответственно подающая, разборная, переливная. Размеры в см.

Схема водопроводной сети зависит от характера размещения населенного пункта и может быть тупиковой, кольцевой или смешанной (рис. 151).

Для внешней водопроводной сети используют стальные и чугунные трубы диаметром 50 мм и более, полиэтиленовые диаметром до 150 мм, асбестоцементные диаметром 50...100 мм, железобетонные диаметром 500 мм и более. Диаметры труб устанавливают гидравлическим расчетом. Повороты, ответвления, переходы от одного диаметра к другому выполняют из фасонных частей.

Воду из напорной водопроводной сети забирают с помощью водоразборных колонок, домовых ответвлений (рис. 152), пожарных подземных или наземных гидрантов (рис. 153), групповых или индивидуальных автопоилок (рис. 154). Расстояния между водозаборными колонками и пожарными гидрантами должны быть не более 120 м. Во время пожара к гидранту присоединяют пожарный шланг.

В жилой дом водопровод подводят сквозь фундамент. Главную трубу располагают в подвале, а при его отсутствии — на первом этаже. От этой трубы отходят вертикальные ветви — стояки, подводящие воду к кранам, раковинам, унитазам и т. п. У основания каждого стояка устанавливают вентиль.

Водопровод внутри дома делают из оцинкованных или простых железных труб. Диаметр их берут с учетом расхода воды при скорости ее течения 1...1,5 м/с. Вся домовая водопроводная сеть должна иметь возможность полного опорожнения.

В животноводческих постройках водопроводную сеть соеди-

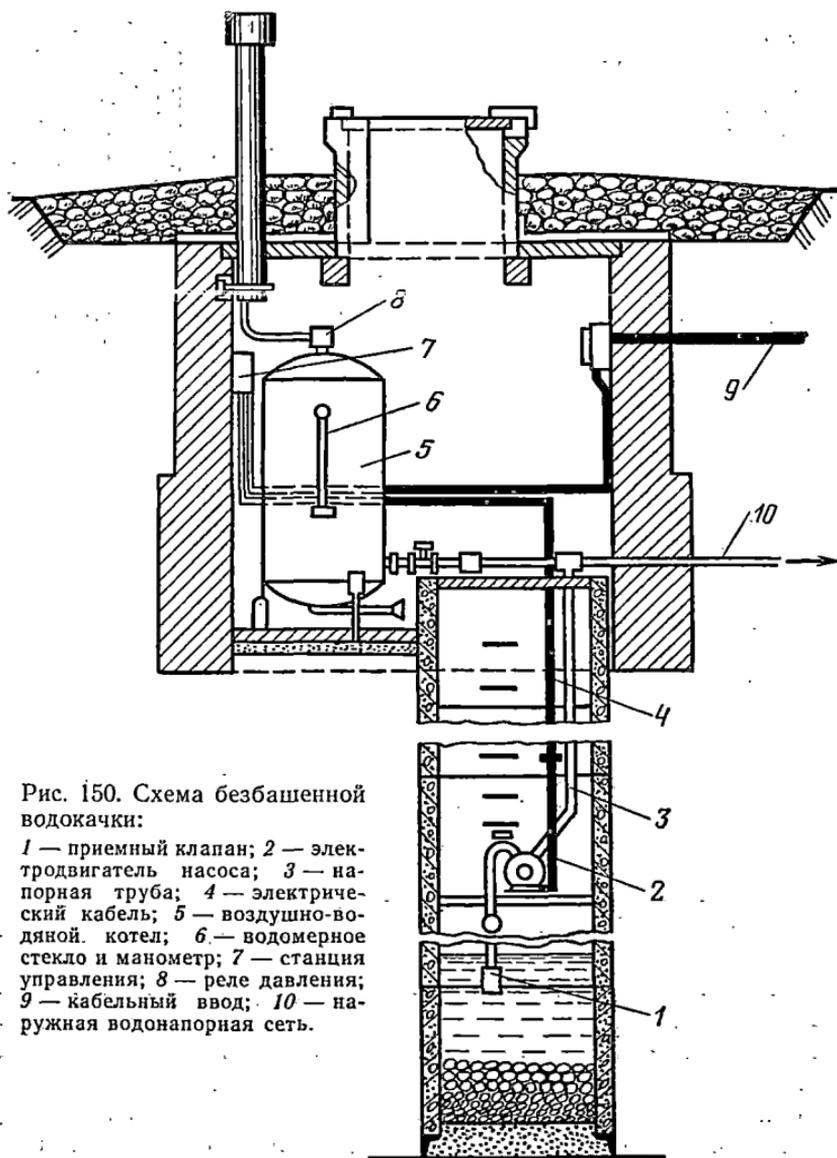


Рис. 150. Схема безбашенной водокачки:

1 — приемный клапан; 2 — электродвигатель насоса; 3 — напорная труба; 4 — электрический кабель; 5 — воздушно-водяной котел; 6 — водомерное стекло и манометр; 7 — станция управления; 8 — реле давления; 9 — кабельный ввод; 10 — наружная водонапорная сеть.

няют со стояками так же, как и в жилых домах. От стояков вода идет по внутренней линии труб к автопоилкам, водоразборным и пожарным кранам. Внутренняя линия труб может быть расположена посередине здания (тупиковая сеть) или вдоль его стен (кольцевая сеть).

Автопоение скота значительно удешевляет водоснабжение. Наибольшее распространение получили автопоилки с пружинным

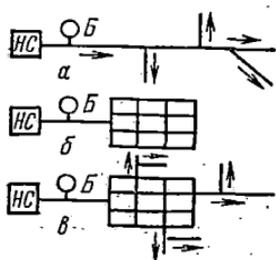


Рис. 151. Схемы водопроводной сети:

*а* — тупиковой; *б* — кольцевой; *в* — смешанной.

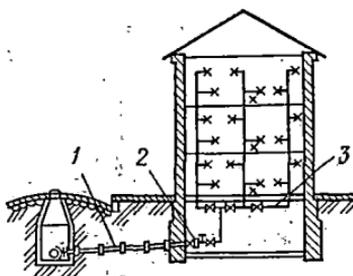


Рис. 152. Схема домового ответвления водопроводной сети:

*1* — домовый ввод; *2* — водомер; *3* — внутренняя сеть.

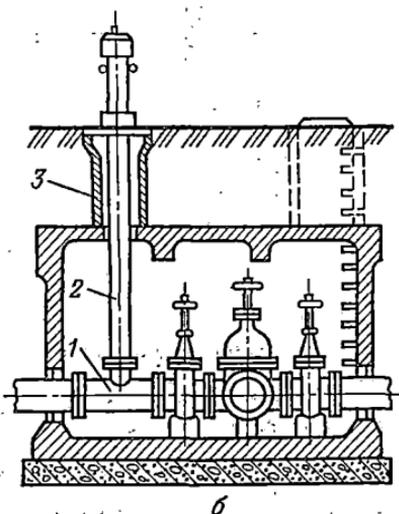
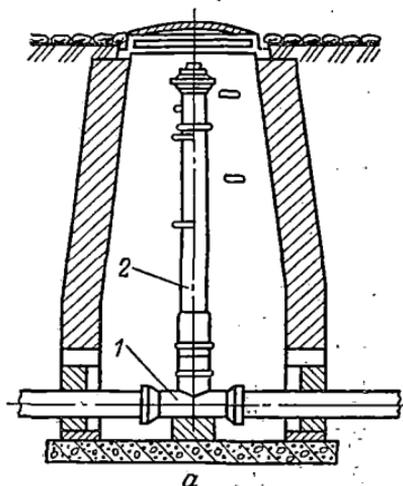


Рис. 153. Схема колодцев с установкой подземного (*а*) и наземного (*б*) пожарных гидрантов:

*1* — пожарная подставка; *2* — стояк; *3* — керамическая труба.

клапаном. Во время водопоя животные нажимают губами на рычажную вилку, открывается входной клапан, и вода выходит из водопровода в поилку. Автопоилки устраивают на удобной для животных высоте. Дважды в день их очищают и один раз в 5 сут дезинфицируют.

Для мытья помещений устанавливают поливные краны с радиусом действия 10...15 м.

Противопожарное водоснабжение в сельских поселках можно осуществлять и из естественных и искусственных водоемов (пруды, водохранилища) или резервуаров, к которым делают подъез-

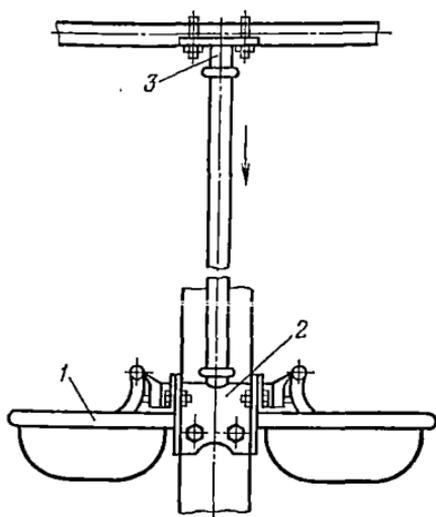


Рис. 154. Схема сдвоенной поилки:

1 — автопоилка; 2 — башмак; 3 — седёлка.

ды для мотопомпы и автонасосов. Каждый из этих водоемов должен иметь запас воды, необходимый для тушения пожара в течение 3 ч, и обслуживать поселок при наличии автонасосов в радиусе до 200 м, мотопомп — в радиусе до 150 м, ручных пожарных насосов — в радиусе до 100 м. Расчетные пожарные расходы принимают в поселках с населением до 500 человек 5 л/с, 500...

5000 — 10 л/с, 5000...20 000 — 15 л/с, для производственно-хозяйственных комплексов в зависимости от размера комплекса — 5...20 л/с.

### § 121. Канализация

В целях улучшения санитарно-гигиенических условий жизни сельского населения, оздоровления окружающей среды жидкие нечистоты, загрязненные хозяйственные и производственные воды отводят из зданий и с территории поселка по системе подземных труб — канализации.

Система канализации включает комплекс сооружений и устройств для сбора, транспортировки, очистки и удаления стоков и сточных вод за пределы населенного пункта и может быть общесплавной и раздельной. При общесплавной системе все сточные воды отводятся по единой системе труб, при раздельной — для атмосферных стоков устраивают одни водотоки, а для хозяйственно-промышленных сточных вод другие.

В сельских населенных пунктах наиболее часто применяют неполную сплавную систему канализации: отводят только хозяйственно-производственные стоки и сточные воды. Такая система состоит из домовая, дворовая и уличная сети труб, которые собирают стоки и сточные воды из санитарных узлов жилых домов, производственных предприятий, животноводческих ферм и отводят их в коллекторы. Коллекторы транспортируют стоки и сточные воды на очистные сооружения. Очищенные и обезвреженные сточные воды далее идут в естественные водотоки и водоемы или на поля фильтрации и сельскохозяйственные поля орошения.

Канализационные трубопроводы должны быть самотечными, и только в отдельных исключительных случаях (в условиях сложного рельефа или при большом заглублении коллекторной сети) сооружают насосные станции перекачки.

Для канализации чаще всего используют глазурные раструбные керамические, бетонные, железобетонные, асбестоцементные, чугунные и пластмассовые (полиэтиленовые и винипластовые) трубы. Чтобы канализационные трубы наружной сети можно было легко очистить, их диаметр принимают не менее 125 мм.

Для надзора за работой канализационной сети, проведения ее ремонта в местах изменения диаметров труб, на поворотах линии труб в плане и в вертикальной плоскости сооружают смотровые колодцы. На прямолинейных участках сети расстояния между смотровыми колодцами назначают 50...150 м.

При проведении канализации по местности с большим уклоном в случае необходимости устраивают колодцы-перепады.

## § 122. Обводнение степей и пустынь

В нашей стране значительные площади земельных угодий расположены в степных и пустынных районах и не могут быть интенсивно использованы из-за недостатка воды. Особенно остро стоит вопрос о снабжении водой пастбищ в засушливых степях, пустынях и полупустынях, площадь которых превышает 350 млн. га.

Обводнительные работы можно осуществлять по централизованной, децентрализованной и комбинированной системам.

При централизованной системе вся территория, подлежащая обводнению, обеспечивается водой из одного или группы объединенных водных источников. Применяют ее, когда объекты водопотребления расположены компактно.

При децентрализованной системе воду на обводняемую территорию подают из нескольких водных источников. Ее применяют в районах, имеющих равномерно распределенные неглубоко-залегающие водные источники с водой хорошего качества.

Комбинированная система включает элементы централизованной и децентрализованной.

Систему обводнения выбирают с учетом себестоимости 1 м<sup>3</sup> воды, подаваемой потребителю, а также условий эксплуатации и надежности источника обводнения.

Источниками обводнения могут быть реки, озера, шахтные колодцы, буровые скважины, пруды, полевые цистерны-котлованы и др.

---

## VI. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕЛИОРАЦИЙ\*

---

### § 123. Требования, предъявляемые к экономике производства мелиоративных и водохозяйственных работ

Проведение сельскохозяйственных мелиораций требует больших затрат труда и средств. Их экономическая эффективность зависит от технической и экономической обоснованности проектов и планов мелиорации земель, а также от результатов сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях.

Все работы по строительству мелиоративных систем должны выполняться в нормативные сроки, с высоким качеством и наименьшими затратами труда и средств. На стадии проектных работ должны быть использованы все возможности снижения стоимости строительства: разработаны более экономичные конструкции и сооружения, использованы местные строительные материалы, запланирована рациональная организация производства строительных работ, выбрана рациональная схема перевозок и т. д. Важное значение имеет также индустриализация строительства: комплексная механизация работ, применение высокопроизводительной техники, внедрение эффективных технологий, повышение уровня сборности при возведении зданий и сооружений, изготовление необходимых изделий и конструкций в заводских условиях, унификация и сокращение номенклатуры применяемых изделий и др. В процессе строительства необходимо постоянно соблюдать режим экономии, бережно использовать материальные ресурсы и энергию.

Мелиоративные работы должны выполняться в едином комплексе с культуротехническими и агромелиоративными мероприятиями, жилыми, производственными и культурно-бытовыми объектами, дорогами. Это способствует скорейшему освоению мелиорируемых земель, сокращению сроков окупаемости капитальных вложений, недопущению замораживания государственных средств.

Мелиоративные работы не должны оказывать отрицательного воздействия на окружающую среду.

---

\* Раздел написан кандидатом технических наук В. И. Сухаревым.

## § 124. Планирование мелиоративных работ

Работы по мелиорации земель планируют во взаимосвязи с другими отраслями народного хозяйства. Система планирования включает долгосрочные перспективные, пятилетние и годовые планы:

Долгосрочные планы рассчитаны на несколько пятилеток. Их разрабатывают на основе планово-экономических задач развития всего народного хозяйства и комплексной программы научно-технического прогресса на длительную перспективу. При этом показатели развития мелиорации земель входят составной частью в проект Основных направлений экономического и социального развития СССР, составляемый Госпланом СССР совместно с министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик на 10...15 лет.

На основе директивных показателей перспективного плана разрабатывают пятилетние планы мелиорации земель. В них определяют основные показатели интенсификации и эффективности производства на планируемый период, увязывают планирование действующего производства и нового строительства, рассчитывают балансы материальных и трудовых ресурсов, производственных мощностей, устанавливают задания по вводу в действие новых и реконструкции действующих мелиоративных систем, лимиты капитальных вложений и т. п.

В годовых планах конкретизируют плановые задания, намеченные пятилетними планами, предусматривают внедрение новейших достижений науки и техники, при необходимости вносят те или иные коррективы.

Ответственным за развитие мелиорации в нашей стране является Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР, которое и определяет совместно с Госпланом СССР (а при необходимости и с другими министерствами СССР) перспективы развития отрасли, участвует в рассмотрении планов по мелиорации в союзных республиках и в дальнейшем несет ответственность за их осуществление.

При разработке долгосрочных и пятилетних планов по мелиорации земель используют перспективные схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов — бассейновые, для крупных речных бассейнов, территориальные (для экономических районов страны, союзных и автономных республик, краев и областей) и генеральные (содержат сводные данные по бассейновым и территориальным схемам). В этих схемах намечают целевые программы по увеличению производства сельскохозяйственной продукции, места размещения агропромышленных комплексов, необходимые площади мелиорируемых земель, мероприятия по

строительству новых и реконструкции существующих оросительных систем, объемы необходимых капитальных вложений, мероприятия по освоению мелиорируемых земель, технико-экономические показатели, очередность строительства запланированных объектов.

Мелиоративные системы, сооружения, водохозяйственные объекты строят специализированные строительные организации: передвижные механизированные колонны (ПМК) и строительномонтажные управления (СМУ). Эти строительные организации входят в состав специализированных строительномонтажных трестов, управлений строительства или объединений.

Деятельность строительных организаций планируется на основе титульных списков на строительство, в которых указывают объекты, намеченные к строительству, их проектную мощность, сметную стоимость, задания по вводу в действие мощностей (площади орошения, осушения и др.), капитальные вложения и строительномонтажные работы, сроки начала и окончания строительства. Проекты титульных списков разрабатывают службы заказчика по согласованию с подрядными строительными организациями и утверждают вышестоящие органы.

Заказчиками на мелиоративное и водохозяйственное строительство являются специальные дирекции строящихся мелиоративных объектов и предприятий, создаваемые в системе союзного и республиканских министерств мелиорации и водного хозяйства, а также краевые и областные комитеты Госагропрома СССР.

Строительномонтажные работы выполняются в соответствии с проектно-сметной документацией, которую разрабатывают специализированные проектно-изыскательские организации — Союзводпроект, Росгипроводхоз, Мосгипроводхоз, Укргипроводхоз, Белгипроводхоз, Средазгипроводхлопок и другие.

Планы проектно-изыскательских работ должны обеспечивать разработку технической документации для строительных работ текущего года и для объектов, предусмотренных в перспективных планах. Поэтому проектные работы должны по срокам значительно опережать процесс строительства.

Ремонтно-эксплуатационные работы выполняют управления осушительных и оросительных систем (УООС), которые подчиняются областным и краевым производственным управлениям мелиорации и водного хозяйства. На балансе этих организаций находятся межхозяйственные части мелиоративных систем.

Эксплуатационные водохозяйственные организации в своих планах предусматривают работы по забору воды в систему, распределению ее между потребителями, сбросу избыточных вод, очистке, текущему и капитальному ремонтам мелиоративной сети, дооборудованию и переустройству систем.

Планы работ по эксплуатации внутрихозяйственной сети разрабатывают хозяйства-землепользователи. Они также регулярно осуществляют их корректировку в соответствии с конкретными условиями, возникающими в процессе эксплуатации, следят за состоянием осушительной, оросительной сети и сооружений. В хозяйствах с этой целью организуется специальная эксплуатационная служба. Ежегодно обследуются мелиоративная сеть, сооружения, поливная техника, определяется их техническое состояние, и на этой основе составляются планы ремонтных работ. Хозяйства-землепользователи разрабатывают перспективные и годовые планы технического совершенствования системы, направленные на повышение надежности, улучшение условий труда, уменьшение эксплуатационных затрат, более оперативное регулирование водного режима, автоматизацию и механизацию производственных процессов и др.

Решениями октябрьского (1984 г.) Пленума ЦК КПСС признано целесообразным осуществить, начиная с 1986 г., передачу внутрихозяйственным частям мелиоративных систем с баланса хозяйств-землепользователей на баланс водохозяйственных организаций (с согласия колхозов и совхозов). Это позволит улучшить эксплуатацию мелиоративных систем, их техническое обслуживание и ремонт и положительно скажется на эффективности мелиоративных мероприятий.

## § 125. Капитальные вложения в мелиорацию земель

Капитальные вложения — это затраты денежных средств на создание, расширение и техническое перевооружение основных фондов.

*Основные фонды* — это средства производства, действующие в течение длительного времени (несколько лет) и сохраняющие при этом свою натурально-вещественную форму. Основные фонды состоят из производственных и непроизводственных основных фондов.

Основные производственные фонды подразделяют на фонды сельскохозяйственного (производственные сельскохозяйственные здания, сооружения, машины, оборудование, транспорт, рабочий и продуктивный скот, многолетние насаждения, инвентарь и др.) и несельскохозяйственного (здания, сооружения, машины, оборудование промышленно-производственных объектов, торговли и общественного питания) назначения.

Мелиоративные основные производственные фонды (каналы, плотины на реках и прудах, трубопроводы со всеми видами сооружений на оросительной и осушительной сети, гидромеханическое и электромеханическое оборудование насосных станций,

средства транспорта и связи, производственные постройки и т. п.) предназначены для улучшения основного средства производства — земли. Они участвуют в процессе сельскохозяйственного производства наравне с другими сельскохозяйственными фондами и поэтому являются фондами сельскохозяйственного назначения.

Основные производственные фонды принимают участие во многих периодах производства (производственных циклах). Стоимость их переносится на производимую продукцию постепенно.

Основные непроизводственные фонды непосредственно не участвуют в процессе производства, в их задачу входит культурно-бытовое обслуживание работников данного хозяйства.

*Оборотные фонды* — это средства производства, которые полностью потребляются в течение одного периода производства (производственного цикла), утрачивая при этом свою натуральную форму. Стоимость оборотных фондов полностью переносится на готовую продукцию. Размеры и состав их значительно меняются по отдельным отраслям народного хозяйства.

В эксплуатационных водохозяйственных организациях к оборотным фондам относятся материалы для ремонта мелиоративных систем, запасы топлива, запасные части для транспорта, средства связи, малоценный инвентарь, спецодежда и др. Размеры оборотных фондов по сравнению с основными невелики (1 % и менее).

В строительных водохозяйственных организациях основное место в оборотных фондах занимают строительные материалы, топливо, запасные части, вспомогательные материалы, и оборотные фонды здесь во многих случаях превышают основные.

При организации нового орошения, осушения или обводнения капитальные вложения состоят из капитальных вложений в водохозяйственное строительство (затраты на сооружение каналов, трубопроводов, насосных станций, приобретение эксплуатационного оборудования, строительство служебных и жилых зданий и т. д.) и капитальных вложений в сельское строительство и освоение мелиорируемых земель (затраты на производственное и непроизводственное строительство, сельскохозяйственное освоение, приобретение техники, землеустройство).

Стоимость межхозяйственных частей мелиоративных систем после приемки их в эксплуатацию включается в основные фонды управлений осушительных и оросительных систем, а стоимость внутрихозяйственных частей систем передается на баланс хозяйств, использующих мелиорированные земли, и входит в основные фонды хозяйства.

Для планирования затрат на новое водохозяйственное

строительство, а также переустройство мелиоративных систем; культуртехнические работы; планировку и промывку орошаемых площадей, природоохранные мероприятия применяют укрупненные нормативы удельных капитальных вложений, которые обновляются и уточняются каждые пять лет. Эти нормативы составляют по территориям союзных республик, а для РСФСР — по экономическим районам.

Удельные капитальные вложения в водохозяйственное и мелиоративное строительство (на 1 га мелиорируемой площади) изменяются в широких пределах и могут по орошению составлять 5 тыс. р. и более, по осушению — 2,5 тыс. р. и более. Значительные колебания капитальных затрат объясняются разнообразием природных условий; в которых ведется строительство, а также различиями применяемых способов орошения и осушения.

Для различных сельскохозяйственных комплексов (хлопковый, рисовый, зерново-животноводческий, овоще-молочный, садово-виноградарский и др.) также есть укрупненные нормативы капитальных вложений. Так, для хлопкового комплекса в республиках Средней Азии капитальные вложения на сельское строительство и освоение земель во вновь организуемых совхозах составляют 3020 р. на 1 га, а в существующих хозяйствах — 1300 р. на 1 га. Для зерново-животноводческого комплекса РСФСР капитальные вложения на те же цели составляют 2890...3120 р. на 1 га при строительстве новых совхозов и 910...1860 р. на 1 га для существующих хозяйств.

## § 126. Затраты на эксплуатацию мелиоративных систем

Эксплуатационные затраты на мелиоративных системах включают отчисления амортизационные и на капитальный ремонт, а также затраты на текущий ремонт, электроэнергию; топливо, содержание административно-управленческого и производственного персонала и т. д.

*Амортизационные отчисления* необходимы для возмещения износа мелиоративных систем и сооружений в процессе их эксплуатации. Они показывают, какая доля овеществленного труда перенесена со стоимости основного фонда на выращенную на мелиорируемых землях продукцию.

Чтобы вычислить суммы амортизационных отчислений за год (А), необходимо знать первоначальную стоимость основных фондов (ПС) или заменяющую ее восстановительную стоимость, затраты на капитальный ремонт за весь срок службы (КР), ликвидную стоимость (ЛС) и срок службы основных фондов (Т).

Общая сумма амортизационных отчислений:

$$A = (ПС + КР - ЛС) / T.$$

Первоначальная стоимость (ПС) для мелиоративных систем представляет сумму фактических затрат на строительство, оборудование и оснащение каналов, трубопроводов, насосных станций, других сооружений и зданий.

Восстановительной называют стоимость воспроизводства основных фондов при новых способах производства и ценах, действующих в момент ее определения. Она показывает, какие затраты необходимы для возведения в современных условиях такого же сооружения (здания, машины, системы), какое было построено несколько лет назад. Использование восстановительной стоимости обеспечивает сравнимость данных о стоимости основных фондов независимо от времени ввода их в действие.

Ликвидной (ЛС) называют стоимость основных средств производства по окончании их использования, то есть стоимость сохранившихся частей сооружений, машин, оборудования и др. Она обычно бывает очень низкой и выражается долями процента от первоначальной стоимости. Ликвидная стоимость мелиоративной и строительной техники составляет 3...5 % первоначальной.

Годовые амортизационные отчисления только на восстановление:

$$A_b = (ПС - ЛС) / T.$$

Отчисления на капитальный ремонт:

$$A_{к.р} = КР / T.$$

Нормой амортизации (а) называют размер годовых амортизационных отчислений, выраженный в процентах от первоначальной стоимости основных фондов мелиоративной системы или сооружения:

$$a = \frac{ПС + КР - ЛС}{T \cdot ПС} \cdot 100,$$

или

$$a = A \cdot 100 / ПС.$$

Норма отчислений на восстановление:

$$a_b = A_b \cdot 100 / ПС.$$

Норма отчислений на капитальный ремонт:

$$A_{к.р} = A_{к.р} \cdot 100 / ПС.$$

На практике обычно используют установленные нормы амортизации по основным фондам народного хозяйства СССР, учитывающие физический и моральный износ основных фондов.

Амортизационные отчисления производят ежегодно на мелиоративных системах, переведенных на хозрасчет. Системы, состоящие на сметно-бюджетном финансировании, своих доходов не имеют и не могут обеспечить восстановление изнашивающихся основных фондов и их капитальный ремонт. Затраты на капитальный ремонт таких систем покрываются из средств Государственного бюджета.

*Отчисления на капитальный ремонт* предназначены для частичного восстановления основных фондов в целях обеспечения нормального их действия в течение всего срока службы. Капитальный ремонт выполняют обычно один раз в несколько лет. Сроки его проведения намечают в перспективных планах улучшения систем. Размер отчислений устанавливают в процентах от первоначальной стоимости основных фондов мелиоративной системы или сооружений с учетом фактических данных о стоимости капитальных ремонтов системы за весь срок ее службы. Отчисления на капитальный ремонт включают также затраты, связанные с модернизацией основных средств производства. За весь срок службы мелиоративных объектов они составляют 10...80 % стоимости основных фондов.

*Затраты на текущий ремонт* по мелиоративным системам составляют в основном 0,5...2 % первоначальной стоимости основных фондов.

*Затраты на электроэнергию и топливо* при механическом подъеме воды зависят от высоты подъема воды, оросительных норм, действующих тарифов на электроэнергию и цен на топливо.

Расходы на содержание административно-управленческого и производственного персонала зависят от состава и количества работников, что определяется категорией обслуживаемой системы.

Размеры других эксплуатационных затрат вычисляют на основании объемов выполняемых работ и утвержденных расценок на эти работы.

## § 127. Финансирование мелиоративных мероприятий

Финансирование капитальных вложений на мелиорацию земель и проектно-изыскательские работы производится за счет средств Государственного бюджета в соответствии с планами мелиоративных работ.

Эксплуатационные водохозяйственные организации, на балансе которых находятся межхозяйственные части мелиоративных систем, находятся на сметно-бюджетном финансировании.

Все средства на такую эксплуатацию отпускаются из Государственного бюджета в соответствии с планами работы систем и утвержденными сметами на выполняемые работы.

Затраты по эксплуатации внутрихозяйственных частей мелиоративных систем, находящихся на балансе хозяйств, покрываются за счет средств этих хозяйств и относятся на себестоимость продукции, получаемой в хозяйствах.

Для улучшения эксплуатации мелиоративных систем большое значение имеет перевод водохозяйственных эксплуатационных организаций на хозрасчет. Основные принципы хозрасчета: окупаемость предприятий, их рентабельность, хозяйственно-оперативная самостоятельность, материальная заинтересованность и материальная ответственность за результаты деятельности.

На основе хозрасчета осуществляют свою работу районные производственные объединения (РПО) «Полив», действующие в системе Минводхоза СССР. Эти организации входят в состав районных агропромышленных объединений (РАПО). Взаимоотношения их с хозяйствами строятся на основе договоров, в которых указываются обязательства сторон, объемы выполняемых работ, расценки и другие показатели.

Обслуживаемые хозяйства передают на баланс РПО «Полив» насосные станции, напорные трубопроводы, поливную технику, различные сооружения и другие мелиоративные фонды в исправном состоянии. РПО «Полив» обязано качественно и своевременно проводить поливы, осуществлять обслуживание и ремонт мелиоративной сети, сооружений и техники.

Хозяйства обязаны своевременно выполнять весь комплекс агромероприятий по возделыванию выращиваемых культур, вносить удобрения, своевременно готовить площади для полива.

Выполненные работы по поливу хозяйства принимают по акту и возмещают затраты на полив исходя из утвержденных расценок. После уборки урожая производятся перерасчеты между хозяйствами и РПО «Полив». Если фактический урожай превышает плановый, расценки повышаются. Если ниже запланированного — расценки снижаются.

В процессе работы формы взаимоотношений РПО «Полив» с хозяйствами совершенствуются.

## § 128. Себестоимость продукции

Производство сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях, как и производство любой продукции, связано с затратами человеческого труда и материальных средств (сырье, топливо, материалы, износ основных средств производства и др.).

Совокупность затрат живого труда и материальных средств

(то есть прошлого, овеществленного труда) составляет *общественные издержки производства*, которые включают стоимость потребленных средств производства, представляющих собой затраты прошлого труда, стоимость продукции, созданной необходимым трудом работников производства и возмещенной им в виде заработной платы и стоимости продукции, созданной прибавочным трудом.

В условиях товарно-денежных отношений издержки имеют форму себестоимости продукции. Себестоимость продукции показывает, во что обходятся каждому предприятию производство и реализация продукции, и является одним из наиболее важных обобщающих показателей хозяйственной деятельности предприятий.

Различают себестоимость *производственную* и *полную*. Производственная себестоимость включает все затраты предприятия на создание продукции и ее транспортировку к месту хранения. Полная себестоимость включает, кроме того, затраты по реализации продукции.

Полная и производственная себестоимость разделяется на *плановую* и *отчетную*. Плановую себестоимость устанавливают для предприятий на основе нормативных затрат и запланированного объема выпускаемой продукции. Фактическая себестоимость складывается из произведенных затрат.

Расчеты себестоимости единицы продукции или работы называются калькуляцией себестоимости. При этом все производственные затраты делят на *прямые* и *косвенные*. Прямые затраты полностью включаются в себестоимость продукции, косвенные связаны с производством нескольких видов продукции и не могут быть полностью отнесены ни на один из ее видов.

Косвенные затраты обычно распределяют пропорционально выполняемым объемам работ, заработной плате рабочих и др. Так, при калькуляции себестоимости различных культур, возделываемых в хозяйствах на орошаемых землях, затраты по проведению поливов относят на ту или иную культуру пропорционально оросительным нормам.

На государственных оросительных системах в себестоимость работ включаются затраты на забор воды из источника орошения и подачу ее хозяйствам-водопользователям, то есть затраты на текущий ремонт системы, очистку каналов от наносов, заработную плату работников эксплуатации, расходы на топливо или электроэнергию при механическом подъеме воды на орошение и другие расходы, связанные с эксплуатацией системы.

В водохозяйственных строительных организациях все виды затрат при определении себестоимости продукции делят на *прямые* и *накладные*. Прямые затраты включают в себя рас-

ходы на материалы, основную заработную плату (заработную плату рабочих, занятых непосредственно на строительномонтажных работах), расходы по эксплуатации машин и механизмов (амортизационные отчисления, заработная плата экскаваторщиков, бульдозеристов, крановщиков и др., затраты на текущий ремонт, электроэнергию, топливо и т. д.). Накладные затраты состоят из затрат административно-хозяйственных (заработная плата административно-управленческого персонала, затраты на командировки, содержание легкового автотранспорта, амортизацию зданий, канцелярские расходы и др.), по обслуживанию рабочих (социальное страхование, охрана труда и др.), по обслуживанию строительства (на охрану объектов, содержание производственного оборудования, благоустройство строительных площадок и др.).

В сельскохозяйственных предприятиях затраты на производство продукции на мелиорируемых землях включают мелиоративные и сельскохозяйственные издержки.

В *мелиоративные издержки* входят все затраты на эксплуатацию межхозяйственных и внутрихозяйственных частей мелиоративных систем. Однако на себестоимость продукции в хозяйствах относят только внутрихозяйственные эксплуатационные расходы, поскольку затраты на межхозяйственную эксплуатацию систем возмещаются из Государственного бюджета.

На современных оросительных системах затраты по эксплуатации внутрихозяйственной сети составляют в основном 120...170 р. на 1 га, а межхозяйственной — 100...150 р. на 1 га. По осушительным системам затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной и межхозяйственной сети соответственно равны 20...30 р. и 12...20 р. на 1 га.

*Сельскохозяйственные издержки* на мелиорируемых землях включают в себя затраты на внесение удобрений, посев и уборку культур, уход за посевами, борьбу с вредителями, затраты на семена, ядохимикаты и т. д. При этом их подразделяют на *основные* и *накладные*. В основные издержки входят все затраты, без которых невозможно осуществить технологический процесс выращивания сельскохозяйственных культур (оплата труда, стоимость семян, удобрений, амортизация машин, механизмов и др.), в накладные — затраты по управлению производством и его обслуживанию (общепроизводственные и общехозяйственные расходы).

Общепроизводственные расходы связаны с организацией и обслуживанием отрасли (заработная плата агрономов, инженерно-технических и других работников, затраты на охрану труда и технику безопасности, содержание легкового автотранспорта и др.), общехозяйственные — с содержанием админи-

стративно-управленческого аппарата, командировками, почтовыми, канцелярскими и другими расходами.

Размеры сельскохозяйственных издержек изменяются в зависимости от вида выращиваемых культур. Наиболее значительны они для овощных, технических и плодовых культур.

Проведение мелиоративных мероприятий вызывает рост сельскохозяйственных издержек. Так, при орошении дополнительно рыхлят почву после поливов, увеличиваются затраты на уборку и вывоз дополнительной продукции, получаемой от орошения, могут возрасти расходы на семена, удобрения, средства защиты растений и др. Но правильное орошение и осушение способствуют повышению урожайности выращиваемых культур, снижению себестоимости продукции.

Структура себестоимости, то есть пропорциональное соотношение отдельных элементов затрат в общей их сумме, неодинакова в различных отраслях народного хозяйства. Так, на мелиоративных системах высока доля амортизационных отчислений (30...40 % и более) при небольшой доле затрат на топливо, сырье и материалы (8...10 %). В строительстве основная доля затрат приходится на материалы (более 50 %) и заработную плату (30...35 %). В колхозах и совхозах главными составляющими в себестоимости продукции являются затраты на материалы (20...30 %) и заработную плату (20...50 %) при небольшой доле амортизационных отчислений.

Снижение себестоимости — необходимое условие повышения экономической эффективности народного хозяйства. Себестоимость продукции на мелиорируемых землях уменьшается в том случае, если в результате орошения или осушения количество продукции увеличивается в большей мере, чем годовые затраты на ее производство.

Пути снижения себестоимости продукции можно наметить в результате изучения структуры годовых издержек производства в конкретных условиях, например: улучшение использования основных фондов мелиоративных систем, повышение производительности труда, экономия энергии и ресурсов, сокращение потерь и непроизводительных расходов.

Степень использования основных фондов можно повысить вовлечением в севообороты неиспользуемых мелиорируемых земель, а также поливами неорошаемых земель. В результате этого снизится амортизационная составляющая себестоимости.

Повышение производительности труда возможно в результате совершенствования способов и техники полива, внедрения высокопроизводительных мелиоративных машин, автоматизации оросительных систем, выращивания на мелиорируемых зем-

лях высокоурожайных интенсивных культур и сортов. Рост производительности труда приводит к снижению расходов по оплате труда в расчете на единицу продукции и, следовательно, к снижению себестоимости.

Большое значение для снижения себестоимости орошения имеет экономия оросительной воды, что тесно связано с режимом орошения в хозяйствах. Уменьшение потерь воды обеспечивает увеличение поливной площади и, следовательно, повышение степени использования основных фондов. Кроме того, экономия воды позволяет уменьшить затраты энергии на ее подачу (при механическом водоподъеме).

Снизить себестоимость продукции можно сокращением различного рода потерь, непроизводительных расходов, совершенствованием структуры управления и т. д.

## § 129. Показатели экономической эффективности мелиораций

Эффективность капитальных вложений в мелиоративные мероприятия определяют сопоставлением размера этих вложений с эффектом сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях.

Основные показатели общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений — коэффициенты общей (абсолютной) экономической эффективности ( $\mathcal{E}_k$ ) и сроки окупаемости капитальных вложений ( $t_{o.n}$ ).

Для отдельных хозяйств, мелиоративных систем, объектов и мероприятий:

$$\mathcal{E}_{k.n} = \frac{Ц - С}{К} = \frac{П}{К}; \quad t_{o.n} = \frac{К}{Ц - С} = \frac{К}{П},$$

где  $\mathcal{E}_{k.n}$  — коэффициент общей эффективности, определяют по размеру прибыли;  $t_{o.n}$  — срок окупаемости капитальных вложений, определяют по размеру прибыли; К — капитальные вложения (стоимость объекта строительства или осуществления мероприятия); Ц — стоимость годовой продукции; С — себестоимость годовой продукции; П — годовая прибыль.

Эти формулы действительны, если капитальные вложения осуществляют в новые объекты, например, когда мелиоративные мероприятия проводят на неосвоенных землях, которые до мелиорации никакой продукции не давали. В этом случае вся продукция является результатом капитальных вложений.

Если мелиоративные мероприятия осуществляют на землях, которые и до мелиорации давали продукцию, тогда стоимость продукции с мелиорируемых земель будет равна разности между стоимостью продукции, которую получают в результате про-

ведения мелиораций, и стоимостью продукции, которую получали на этих землях без проведения мелиораций. Эффективность мелиораций в этом случае определяют по дополнительной прибыли.

Коэффициент общей экономической эффективности определяют по дополнительной прибыли:

$$\varepsilon_{\text{к.д.п}} = \frac{(\Pi_{\text{с/м}} - C_{\text{с/м}}) - (\Pi_{\text{б/м}} - C_{\text{б/м}})}{K} = \frac{\Pi_{\text{с/м}} - \Pi_{\text{б/м}}}{K}$$

где  $\Pi_{\text{с/м}}$  и  $\Pi_{\text{б/м}}$  — стоимость годовой продукции соответственно после проведения мелиораций и до их проведения;  $C_{\text{с/м}}$  и  $C_{\text{б/м}}$  — себестоимость годовой продукции после проведения мелиораций и до их проведения;  $\Pi_{\text{с/м}}$  и  $\Pi_{\text{б/м}}$  — прибыль после проведения мелиораций и до их проведения;  $K$  — капитальные вложения.

Срок окупаемости капитальных вложений по дополнительной прибыли:

$$t_{\text{о.д.п}} = \frac{K}{(\Pi_{\text{с/м}} - C_{\text{с/м}}) - (\Pi_{\text{б/м}} - C_{\text{б/м}})} = \frac{K}{\Pi_{\text{с/м}} - \Pi_{\text{б/м}}}$$

Полученные в результате расчетов показатели общей экономической эффективности сравнивают с нормативными.

В качестве нормативных коэффициентов общей экономической эффективности капиталовложений в мелиорацию земель рекомендуются: для хозяйств хлопковой специализации — 0,15, рисовой — 0,08, зерново-животноводческой — 0,07, овоще-молочной — 0,12, садово-виноградарской — 0,20. Капитальные вложения признаются экономически эффективными, если полученные для них коэффициенты общей (абсолютной) экономической эффективности после мелиорации не ниже нормативов для хозяйств соответствующей специализации.

Срок окупаемости капитальных вложений, определяемый по приведенным формулам, неполный. Чтобы определить полный срок окупаемости, надо дополнительно учесть *строительный лаг*, то есть срок замораживания капитальных вложений (поскольку строительство мелиоративных объектов ведется, как правило, несколько лет и вложенные средства не сразу дают расчетную прибыль), и *лаг освоения*, то есть срок недобора расчетной прибыли в годы освоения мелиорируемых земель.

При выборе вариантов строительства объектов мелиорации, сопоставлении вариантов хозяйственных и технических решений определяют сравнительную экономическую эффективность капитальных вложений, показателем которой являются приведенные затраты:

$$Z_i = C_i + E_n K_i$$

где  $C_i$  — текущие производственные затраты (себестоимость) для  $i$ -го варианта;  $E_{ii}$  — нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений, равен для народного хозяйства в целом 0,12;  $K_i$  — капитальные вложения для  $i$ -го варианта.

Лучшим из сравниваемых между собой вариантов будет тот, у которого значение  $Z_i$  будет меньше.

Для всесторонней оценки эффективности капитальных вложений в мелиоративные мероприятия, сельскохозяйственного использования мелиорированных земель используют и другие показатели.

Отдачу капитальных вложений определяют по уровню рентабельности, фондоотдаче и фондоемкости продукции.

Уровень рентабельности характеризует относительные размеры получаемой прибыли по сравнению с себестоимостью:

$$Y_{\text{рент}} = \frac{Ц - С}{С} \cdot 100 = \frac{П}{С} \cdot 100,$$

где  $Y_{\text{рент}}$  — уровень рентабельности;  $Ц$  — стоимость годовой продукции;  $С$  — себестоимость годовой продукции;  $П$  — годовая прибыль.

Уровень рентабельности можно также найти по отношению прибыли ( $П$ ) к производственным фондам.

Фондоотдача показывает выход валовой продукции, валового и чистого дохода на единицу капитальных вложений или производственных фондов.

Фондоемкость продукции представляет собой стоимость основных производственных фондов, приходящуюся на единицу стоимости валовой продукции.

Валовой доход (чистая продукция) — это часть стоимости валовой продукции, созданная живым трудом (стоимость валовой продукции, за исключением материальных затрат на ее производство). Чистый доход — это разность между валовым доходом и издержками производства. Часть чистого дохода, которая реализуется предприятием, соответствует прибыли предприятий.

Производительность общественного труда характеризуется выходом валовой продукции, валового и чистого дохода на единицу производственных затрат, а также себестоимостью продукции.

Эффективность использования земли определяется урожайностью сельскохозяйственных культур, выходом продукции растениеводства в кормовых единицах, выходом валовой продукции, валового и чистого дохода в денежном выражении с 1 га мелиорируемой площади.

Для оценки эффективности использования оросительной воды определяют выход валовой продукции, валового и чистого дохода на 1000 м<sup>3</sup> поданной воды.

---

## УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

---

- Аверьянов С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель.— М.: Колос, 1978.— 287 с.
- Айдаров И. П., Голованов А. И., Мамаев М. Г. Оросительные мелиорации.— М.: Колос, 1982.— 176 с.
- Александркин А. В., Дружинин Н. И. Мелиорация земель Нечерноземной зоны РСФСР.— М.: Колос, 1980.— 288 с.
- Багров М. Н., Кружилин И. П. Оросительные системы и их эксплуатация.— М.: Колос, 1982.— 240 с.
- Волковский П. А., Розова А. А. Практикум по сельскохозяйственной мелиорации.— М.: Колос, 1980.— 240 с.
- Галамин Е. П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении.— Л.: Гидрометеоздат, 1981.— 287 с.
- Голченко М. Г., Михайлов Г. И., Равовой П. У. Мелиорация и эксплуатация гидромелиоративных систем.— Минск: Высшая школа, 1985.— 304 с.
- Григоров М. С. Внутрипочвенное орошение.— М.: Колос, 1983.— 128 с.
- Дементьев В. Г. Орошение.— М.: Колос, 1979.— 303 с.
- Ерхов Н. С., Мисенев В. С., Ильин Н. И. Сельскохозяйственная мелиорация и водоснабжение.— М.: Колос, 1983.— 352 с.
- Костяков А. Н. Основы мелиорации.— М.: Сельхозгиз, 1960.— 621 с.
- Колпаков В. В., Сухарев И. П. Сельскохозяйственные мелиорации.— М.: Колос, 1981.— 328 с.
- Марков Е. С. Мелиорация пойм Нечерноземной зоны.— М.: Колос, 1973.— 320 с.
- Маслов Б. С., Минаев И. В. Мелиорация и охрана природы.— М.: Россельхозиздат, 1985.— 272 с.
- Мосиенко Н. А. Агрогидрологические основы орошения.— Л.: Гидрометеоздат, 1984.— 216 с.
- Натальчук М. Ф. Эксплуатация оросительных систем.— М.: Колос, 1971.— 144 с.
- Практикум по сельскохозяйственным мелиорациям. Под редакцией Аверьянова С. Ф.— М.: Колос, 1970.— 344 с.
- Тимофеев А. Ф. Мелиорация сельскохозяйственных земель.— М.: Колос, 1981.
- Штепа Б. Г. Технический прогресс в мелиорации.— М.: Колос, 1983.— 235 с.
- Шумаков Б. А. Орошение в засушливой зоне европейской части СССР.— М.: Россельхозиздат, 1969.— 169 с.
- Шумаков Б. Б. Гидромелиоративные основы лиманного орошения.— Л.: Гидрометеоздат, 1979.— 215 с.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автопоилки 293  
Агрегат ДДА-100М 132, 148  
— ДДА-100МА 132, 148  
Агрегаты дождевальные 132  
— скважинные 284, 285  
Акведук 99  
Аппараты дождевальные 129
- Баланс водный для осушаемого массива 199  
— почвенной влаги на осушаемой территории 199  
Башня водонапорная 290  
Борозда-терраса 101  
Борозда-шель 101  
Борозды выводные 81  
— поливные 81, 103  
— проточные 102  
— распределительные 81  
— сквозные 102  
— тупые затопляемые 102
- Вал-канавы 256  
Влагоемкость 31  
Влажность разрыва капиллярной связи 32  
Водомер-автомат ВДГ-58 186  
Водомер ДА-95 187  
Водомер-регулятор с насадком конструкции М. В. Бутырина 185  
Водозаборы 77, 78, 80  
Водоотдача 30  
Водопотребление суммарное 42  
Водоприемник 231  
Водопроводы 287...289  
Водосбросы 72  
Водослив-водомер 181, 182  
Водоспуски 73  
Высота капиллярного поднятия 29
- Гигроскопичность 26  
Гидромодуль 52  
Глубина заложения дрена 169  
— промачивания 46, 47  
Графики гидромодуля 51...53  
— поливов 53
- Дамбы 234  
Дефицит водного баланса 41  
— испарения 18  
— увлажнения 20  
— добегающей струи 107  
Дождевание 99, 129, 145, 147, 148
- Доход валовой 312  
— чистый 312  
Дренаж—83,—168,—205, 209, 215, 233, 238, 244  
Дрены 223  
Дюкер 99
- Земли заболоченные 190  
— избыточно-увлажненные 190
- Известкование почв 248  
Испарение 17, 18  
Испаряемость 17, 18  
Интенсивность дождя 131
- Колодцы смотровые 227, 297  
Колодцы-фильтры 208, 273  
Колодцы шахтные 275, 297  
Комплект КСИД-10 147  
Коэффициент заложения откосов каналов 92  
— водного баланса 11  
— водоотдачи 30  
— водопотребления 42  
— впитывания 22, 23  
— гидродинамический 11  
— гидродинамической дисперсии 172  
— дефицита увлажнения 20  
— инфильтрации 22  
— испаряемости 20  
— общей экономической эффективности 314  
— равномерности полива 113  
— скоростной 94  
— стока 22  
— увлажнения 11  
— увядания 204  
— фильтрации 30  
— часовой неравномерности 272  
— шероховатости 94  
Кротование почвы 252
- Лиманы 155, 243  
Лотки-каналы 88
- Машина дождевальная 129, 132  
— ДДН-70 142  
— ДДН-100 142  
— «Днепр» 139  
— «Кубань» 134  
— «Фрегат» 138

- Мелиорации агротехнические 3
- гидротехнические 3
- лесотехнические 3
- химические 3
- Мениск 29
- Метод осушения 204
- Микронасадки дождевальные 148
- Модуль поверхностного стока 24
  
- Напорность грунтового потока 198
- Насадок водомерный 183
- Насосы водоподъемные 281...285
- Норма амортизации 307
- водопотребления 269
- добегания струи 107
- оросительная 39, 41
- осушения 203
- поливная 39, 46, 109
- промывная 171
  
- Оборудование «Радуга» 137, 141
- «Сигма» 137, 140
- Ороситель временный 81
- групповой 81
- Орошение влагозарядковое 33
- внутривпочвенное 149
- выборочное 34
- капельное 152
- лиманное 154, 243
- нерегулярное 34
- окислительное 33
- подвижное 35
- промывное 33
- регулярное 34
- сплошное 34
- стационарное 35
- увлажнительное 33
- удобрительное 33
- утеплительное 33
- Отстойник 265, 266
- Отчисления амортизационные 307
- на капитальный ремонт 307
  
- Период межполивной 39
- поливной 39
- оросительный 39
- Питание болот 198, 199
- Показатели качества питьевой воды 261
- Полив вегетационный 56
- влагозарядковый 56
- затоплением 121
- из подземных трубопроводов 128
- напуском по полосам 110
- подпитывающий 56
- предпосевной 55
- провокационный 56
- промывной 57
- Полузапруды 258
- Поля орошения земледельческие 161
- Почвы засоленные 200
- Продолжительность добегания струи 107
- «Распределитель межучастковый» 81
- межхозяйственный 81
- участковый 81
- хозяйственный 81
- Расход воды brutto 90
- нетто 90
- Режим орошения 39, 40, 51
- Резервуар водонапорный 292
- Ремонт аварийный 188
- капитальный 188, 241
- текущий 188, 240
  
- Самописец уровней «Валдай» 181
- Себестоимость 309
- Сеть водопроводная 292
- водосборная 82
- дорожная 82, 230
- дренажная 82, 215, 228
- поливная 81
- оросительная 80
- Сифоны 280
- Сооружения водовыпускные 96
- водоподпорные 96
- водопроводящие 96
- сопрягающие 96
- Способ орошения аэрозольный 99
- внутривпочвенный 99
- поверхностный 99
- подземный 99
- осушения 204
- Срок окупаемости капитальных вложений 311
- Станция насосная 289
- Стоимость основных фондов 304
- Таран гидравлический 280
- Террасирование склонов 253
- Террасы 253
- Трубопровод дождевальный «Волжанка» 137
- «Ока» 137, 142
  
- Уравнение водного баланса 15, 42
- Уровень мертвого объема 63
- нормальный подпорный 62
- рентабельности 315
- форсированный подпорный 63
- Установки водоструйные 285
- Устья 225
  
- Фильтр 267
- Фильтрация 29
- Фондоёмкость 312
- Фондоотдача 312
- Фонды оборотные 302
- основные 301
  
- Шлейф ДШ-25/300 137, 141
- Шлюзование 242
- Шлюзы 242
- Шлюзы-регуляторы 227
  
- Щелевание почвы 252
- Щелочность воды 262
  
- Эрлифты 287
- Эрозия почв 250, 256, 258

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

I. ВВЕДЕНИЕ . . . . .	3
Глава 1. Общие сведения о мелиорации . . . . .	3
§ 1. Предмет и задачи мелиорации. . . . .	3
§ 2. Развитие мелиорации в СССР. . . . .	5
§ 3. Мелиоративные зоны СССР . . . . .	9
Глава 2. Сельскохозяйственная и почвенная гидрология . . . . .	14
§ 4. Элементы сельскохозяйственной гидрологии . . . . .	14
§ 5. Распределение осадков по территории СССР . . . . .	16
§ 6. Испарение . . . . .	17
§ 7. Объем, коэффициент и модуль поверхностного стока . . . . .	21
Глава 3. Влага в почве . . . . .	25
§ 8. Состояние влаги в почве . . . . .	25
§ 9. Влагоемкость почвы . . . . .	31
§ 10. Расчет запасов воды в почве . . . . .	32
II. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ . . . . .	33
Глава 4. Режим орошения сельскохозяйственных культур . . . . .	33
§ 11. Общие сведения об орошении . . . . .	33
§ 12. Влияние орошения на внешнюю среду, почву и урожай . . . . .	36
§ 13. Требования к водному режиму почвы . . . . .	38
§ 14. Элементы режима орошения . . . . .	39
§ 15. Водный баланс орошаемого поля. Расчет оросительных норм . . . . .	41
§ 16. Расчет поливных норм . . . . .	46
§ 17. Определение сроков поливов . . . . .	47
§ 18. Расчет оросительного гидромодуля . . . . .	51
§ 19. Виды поливов сельскохозяйственных культур . . . . .	55
Глава 5. Источники орошения и обводнения. Использование местного стока . . . . .	57
§ 20. Поверхностные и подземные воды . . . . .	57
§ 21. Коллекторно-дренажные и морские воды . . . . .	58
§ 22. Устройство прудов и водохранилищ для регулирования местного стока . . . . .	60
§ 23. Определение объема пруда . . . . .	62
§ 24. Гидрологический расчет пруда . . . . .	66
§ 25. Типы и конструкции плотин для задержания местного стока . . . . .	68
§ 26. Отсыпка земляных плотин . . . . .	71
§ 27. Устройство водопропускных сооружений для прудов и водохранилищ . . . . .	72
§ 28. Эксплуатация прудов и водохранилищ . . . . .	73

<b>Глава 6. Оросительные системы</b>	<b>75</b>
§ 29. Типы и состав оросительных систем	75
§ 30. Водозаборные сооружения	77
§ 31. Проводящая и регулирующая сеть	80
§ 32. Водосбросная, дренажная и дорожная сеть	82
§ 33. Полезащитные лесные полосы	83
§ 34. Конструкция и элементы поперечного профиля каналов	84
§ 35. Схемы нарезки временной оросительной сети	88
§ 36. Расчетные расходы каналов	89
§ 37. Гидравлический расчет каналов	92
§ 38. Сооружения на оросительной сети	96
<b>Глава 7. Способы орошения и техника полива сельскохозяйственных культур</b>	<b>99</b>
§ 39. Общие сведения о способах орошения и технике полива	99
§ 40. Полив по бороздам	101
§ 41. Полив напуском по полосам	110
§ 42. Техника распределения поливной воды	115
§ 43. Полив затоплением	121
§ 44. Планировка орошаемых площадей	125
§ 45. Поверхностный полив сада	126
§ 46. Дождевание сельскохозяйственных культур	129
§ 47. Требования к структуре и качеству дождя	131
§ 48. Классификация дождевальных устройств	132
§ 49. Короткоструйные дождевальные машины	132
§ 50. Среднеструйные дождевальные машины и установки	137
§ 51. Дальнеструйные дождевальные машины	142
§ 52. Оросительная сеть при дождевании	144
§ 53. Расчет полива дождеванием	145
§ 54. Импульсное и мелкодисперсное дождевание	147
§ 55. Приземное и подкрановое дождевание	148
§ 56. Внутрипочвенное (подпочвенное) орошение	149
§ 57. Капельное орошение	152
§ 58. Лиманное орошение	154
§ 59. Орошение сточными водами	159
§ 60. Орошение стоками животноводческих ферм	162
<b>Глава 8. Борьба с засолением почв при орошении</b>	<b>165</b>
§ 61. Причины и предупреждение засоления орошаемых земель	165
§ 62. Дренаж на орошаемых землях	168
§ 63. Промывка засоленных земель	171
<b>Глава 9. Эксплуатация оросительных систем</b>	<b>173</b>
§ 64. Задачи эксплуатации оросительных систем	173
§ 65. Водопользование на оросительных системах	174
§ 66. Внутрихозяйственные и системные планы водопользования	176
§ 67. Учет воды на орошаемых землях	178
§ 68. Водомерные сооружения	185
§ 69. Ремонтные работы. Обновление и реконструкция систем	188

III. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ . . . . .	190
Глава 10. Образование болот и переувлажненных земель, Типы водного питания . . . . .	190
§ 70. Характеристика болот и переувлажненных земель	190
§ 71. Причины заболачивания	191
§ 72. Заболачивание при подзолообразовательном про- цессе . . . . .	191
§ 73. Заболачивание при дерновом процессе почвообра- зования . . . . .	193
§ 74. Образование болот в результате зарастания во- доёмов . . . . .	194
§ 75. Заболачивание земель при выклинивании грунтовых вод	195
§ 76. Заболачивание пойм . . . . .	197
§ 77. Типы водного питания и водный баланс болот и заболоченных земель . . . . .	198
Глава 11. Методы и способы осушения болот и переувлаж- ненных земель . . . . .	200
§ 78. Влияние осушения на почву . . . . .	200
§ 79. Требования сельскохозяйственных культур к вод- ному режиму почв. Норма осушения . . . . .	202
§ 80. Общие понятия о методах и способах осушения	204
§ 81. Осушение открытыми каналами . . . . .	205
§ 82. Схемы расположения осушительных каналов . . . . .	209
§ 83. Гидрологический расчет открытой осушительной сети . . . . .	213
§ 84. Гидравлический расчет открытых каналов . . . . .	214
§ 85. Сооружения на открытой осушительной сети . . . . .	214
§ 86. Осушение закрытым дренажем . . . . .	215
§ 87. Расчет осушительного действия дренажа . . . . .	223
§ 88. Гидравлический расчет дренажа . . . . .	225
§ 89. Сооружения на дренажной сети . . . . .	225
§ 90. Осушение тяжелосуглинистых почвогрунтов . . . . .	228
§ 91. Дороги на осушаемой территории . . . . .	230
Глава 12. Водоприемники осушительных систем. Специальные виды осушения . . . . .	231
§ 92. Водоприемники . . . . .	231
§ 93. Осушение подтопленных пойменных земель в зоне рек . . . . .	233
§ 94. Обвалование рек . . . . .	234
§ 95. Кольматаж . . . . .	236
§ 96. Осушение с помощью поглощающих колодцев	236
§ 97. Осушение с машинным водоподъемом . . . . .	237
§ 98. Осушение вертикальным дренажем . . . . .	238
§ 99. Эксплуатация осушительных систем . . . . .	240
Глава 13. Осушительно-увлажнительные системы . . . . .	241
§ 100. Общие положения . . . . .	241
§ 101. Шлюзование каналов и дрен . . . . .	242
§ 102. Орошение осушаемых земель . . . . .	243
§ 103. Увлажнение почв при вертикальном дренаже . . . . .	244

Глава 14. Культуртехнические работы на осушаемых землях	245
§ 104. Срезка и запашка древесно-кустарниковой растительности	245
§ 105. Химический способ удаления древесно-кустарниковой растительности	246
§ 106. Удаление камней	246
§ 107. Удаление кочек	247
§ 108. Первичная обработка почвы	247
§ 109. Удобрение почвы	248
IV. ЭРОЗИЯ ПОЧВ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	250
Глава 15. Эрозия почв и меры борьбы с ней	250
§ 110. Виды эрозии почв	250
§ 111. Мероприятия по борьбе со склоновой эрозией почв	251
§ 112. Мероприятия по борьбе с обводной эрозией почв	256
§ 113. Эрозия почв на мелиорируемых землях	258
Глава 16. Мероприятия по охране окружающей среды	259
V. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ	261
Глава 17. Качество воды, методы его улучшения. Нормы водопотребления	261
§ 114. Показатели качества воды	261
§ 115. Улучшение качества воды	265
§ 116. Нормы водопотребления	269
Глава 18. Источники водоснабжения. Водоподъемники	273
§ 117. Открытые водные источники	273
§ 118. Подземные источники	274
§ 119. Водоподъемники	280
Глава 19. Сельскохозяйственные водопроводы и канализация. Обводнение степей и пустынь	287
§ 120. Водопроводы	287
§ 121. Канализация	296
§ 122. Обводнение степей и пустынь	297
VI. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕЛИОРАЦИЙ	298
§ 123. Требования, предъявляемые к экономике производства мелиоративных и водохозяйственных работ	298
§ 124. Планирование мелиоративных работ	299
§ 125. Капитальные вложения в мелиорацию земель	301
§ 126. Затраты на эксплуатацию мелиоративных систем	303
§ 127. Финансирование мелиоративных мероприятий	305
§ 128. Себестоимость продукции	306
§ 129. Показатели экономической эффективности мелиораций	310
Указатель литературы	313
Предметный указатель	314

*Колпаков Вячеслав Викторович,  
Сухарев Иван Петрович*

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ  
МЕЛИОРАЦИИ**

Зав. редакцией *А. И. Гераськина*  
Редактор *Л. С. Торбокова*  
Художественный редактор *Б. К. Дормидонтов*  
Технический редактор *Н. В. Новикова*  
Корректор *И. В. Гольдина*

ИБ № 4393

Сдано в набор 14.11.86. Подписано к печати  
23.12.87. Т-24455. Формат 84 × 108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага  
кн.-журн. Гарнитура Литературная. Печать высо-  
кая. Усл. печ. л. 16,8. Усл. кр.-отт. 16,8. Уч.-изд.  
л. 19,88. Изд. № 437. Тираж 25 000 экз. Заказ  
№ 118 Цена 1 р.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агро-  
промиздат», 107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Са-  
довая-Спасская, 18.

Набрано в ордена Октябрьской Революции, ордена  
Трудового Красного Знамени Ленинградском про-  
изводственно-техническом объединении «Печатный  
Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете СССР по делам  
издательств, полиграфии и книжной торговли.  
197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.

Отпечатано в Московской типографии № 11 Союз-  
полиграфпрома при Государственном комитете  
СССР по делам издательств, полиграфии и книж-  
ной торговли. Москва 113105, Нагатинская ул.,  
д. 1.