

В. В. Колпаков, И. П. Сухарев

Сельскохозяйственные мелиорации



40.6
У.В.1

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

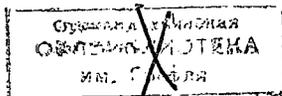
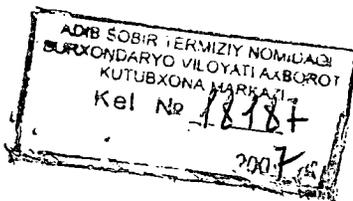
В. В. Колпаков
И. П. Сухарев

Сельскохозяйственные мелиорации

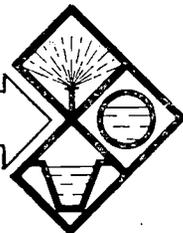
Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям

Под редакцией профессора И. П. Сухарева

346779



Москва • Колос • 1981



ББК 40.6

К61

УДК 631.6(075.8)

Главы 1, 2 и 4... 10 написаны доктором сельскохозяйственных наук профессором В. В. Колпаковым, 3 и 11... 25 — доктором сельскохозяйственных наук профессором И. П. Сухаревым.

Рецензенты: кафедры сельскохозяйственных мелиораций Волгоградского сельскохозяйственного института и Херсонского сельскохозяйственного института.

Колпаков В. В., Сухарев И. П.

К 61 Сельскохозяйственные мелиорации/Под ред. И. П. Сухарева. — М.: Колос, 1981. — 328 с., ил. — (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

В учебном пособии даны общие понятия о мелиорации, ее развитии в СССР. Большое внимание уделено оросительным и осушительным мелиорациям, эксплуатации мелиоративных систем. Рассмотрены агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические приемы по борьбе с водной эрозией почв. Приведены основные сведения по обводнению и сельскохозяйственному водоснабжению.

К $\frac{40305-142}{035(01)-81}$ 39—81. 3802030000

ББК 40.6
631.6

1. ВВЕДЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИЮ

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕЛИОРАЦИИ

§ 1. Предмет и задачи мелиорации

Слово «мелиорация» происходит от латинского слова *melioratio*, что в переводе на русский язык означает улучшение. Мелиорация земель — это изменение природных условий путем регулирования водного и воздушного режимов почвы в благоприятном для сельскохозяйственных культур направлении.

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

При агротехнических мелиорациях повышение плодородия земель достигается правильным выбором глубины и направления вспашки, почвоуглублением, сочетанием вспашки с поделкой глубоких борозд, гряд и валиков. К агромелиорации относится также залужение крутых склонов, мульчирование почвы, улучшение лугов и пастбищ и снегозадержание. Этот вид мелиораций не требует специальных капиталовложений, так как выполняется обычно при помощи машин и орудий, уже имеющихся в хозяйстве.

Под лесотехническими мелиорациями подразумевается улучшение земель при помощи посадки древесной или травянистой растительности в сочетании с древесной. Сюда относится закрепление движущихся песков, облесение и залужение крутых склонов и оврагов, создание полезачитных лесных полос, водорегулирующих лесных насаждений, облесение водохранилищ и т. д.

При химических мелиорациях для улучшения земель в почву вносят известь, гипс, дефекационную грязь, поваренную соль, серную кислоту с целью рассолонцевания содовых солонцов, синтетический каучук. К химическим мелиорациям относится внесение в почву томасшлаков, фосфоритной муки, а также использование различных гербицидов для борьбы с зарастанием мелиоративных каналов и прилегающих полей сорной растительностью, применение полимерных материалов для снижения фильтрации из водоемов и крупных каналов.

При гидротехнических мелиорациях улучшение земель достигается изменением водного режима почвы. С целью регулирования водного режима почвы, а следовательно, и искусственного орошения строят плотины, водохранилища, крупные и мелкие оросительные и осушительные каналы, трубопроводы и лотки. В степ-

ных районах для задержания весенних талых вод устраивают лиманы. Создавая хороший стеблестой растений, лиманы не только повышают урожай трав и других культур, но и предохраняют почву от ветровой эрозии. В предгорных районах в целях борьбы с водной эрозией строят террасы. Для орошения риса и промывки засоленных земель устраивают чеки и дренажную сеть. В засушливых или периодически засушливых (юг и юго-восток СССР), а также в умеренно увлажненных районах при возделывании культур, потребляющих много воды (многолетние травы, овощные и технические культуры), возникает потребность в орошении.

В избыточно увлажненных районах, главным образом на Северо-Западе страны и в низинах, избытки воды из почвы отводят проведением осушительных мелиораций.

Проведение гидромелиораций связано со значительными капиталовложениями, поэтому они требуют технико-экономических обоснований. Наибольшая эффективность мелиораций достигается при комплексном их применении, а именно: когда орошение сочетается с дренированием земель, а осушение — с периодическим орошением; когда гидромелиорации сочетаются с правильной организацией труда, высоким уровнем агротехники, внесением необходимых доз удобрений и т. д.; 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 рыборазведением; 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.

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»*.

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.

На мелиорируемых землях на агрономов возложено руководство поливами (контроль за их качеством). Агрономы осуществ-

* А. Н. Костяков. Основы мелиораций. — М.: Сельхозгиз, 1960, с. 12.

ляют также комплекс агротехнических мероприятий на орошаемых полях. Все работы по освоению осушенных земель, уход за осушительной сетью, выращивание сельскохозяйственных культур выполняются также при непосредственном участии агронома.

§ 2. Развитие мелиорации в СССР

Искусственное орошение на земном шаре стали применять 3...4 тыс. лет до нашей эры в Египте, Китае, Ираке и Индии. В Ираке, в долине рек Тигра и Евфрата, до наших дней сохранились остатки древнейшего оросительного канала Нарван, сооружение которого относится к периоду одной из самых древних цивилизаций.

В глубокой древности оросительные работы проводили в Закавказье, Средней Азии в бассейне р. Амударьи и в Хорезме в долине р. Зеравшана.

От Индии, Китая, Египта, Ирака через Палестину, Северную Африку, Испанию и Италию орошение постепенно распространялось на запад.

Первые работы по мелиорации земель в России относятся к началу XIX в. В 1802 г. начаты работы по осушению болот в ряде северных и северо-западных губерний, главным образом в окрестностях Петрограда, Москвы, Минска и других городов.

Осушительные мелиорации применяли и в центральных губерниях России. Так, в Рыльском уезде Курской губернии в 1810..1822 гг. 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. под его руководством дренажем осушено более 200 га. Этот дренаж сохранился до наших дней.

В период с 1848 по 1882 г. площади орошаемых земель значительно возросли в Закавказье, на Северном Кавказе. Орошение стали применять и в отдельных районах Поволжья. После засухи 1891 г. в России особое внимание стали уделять мелиорации земель.

Особенно бурно мелиоративные работы в нашей стране стали развиваться после Великой Октябрьской социалистической революции.

В мае 1918 г., когда наша страна была окружена огненным кольцом военной интервенции, 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. Зеравшане в Узбекистане и р. Чу в Киргизии.

Развитие мелиорации в нашей стране тесно связано с планом ГОЭЛРО, созданным по указанию В. И. Ленина в декабре 1920 г. Этим планом предусматривалось осушение 30...40 млн. га и орошение 8 млн. га земель.

Развитие научных основ мелиорации земель 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, А. Н. Костяков, П. А. Витте, Б. А. Шумаков, И. А. Шаров, С. Ф. Аверьянов и др.

Великая Отечественная война приостановила успешное развитие мелиорации в нашей стране. После окончания Великой Отечественной войны были восстановлены и реконструированы разрушенные оросительные и осушительные системы и намечены дальнейшие мероприятия по развитию мелиорации земель. В период с 1946 по 1950 г. начаты работы: по орошению земель на местном стоке, строительству прудов и водоемов, созданию полезационных 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, Анграна, 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.

Историческими стали решения майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС по развитию мелиорации земель в нашей стране. На нем была разработана и утверждена широкая программа мелиорации земель. 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 майском (1966 г.) Пленуме ЦК КПСС обращено на развитие рисосеяния. Предусматривалось создание крупных инженерных рисовых систем, с тем чтобы в ближайшие годы полностью обеспечить потребности страны в рисе.

Рисовые системы созданы в Краснодарском и Приморском краях, Крымской, Херсонской, Одесской, Астраханской, Ростовской, Кзыл-Ординской и Чимкентской областях, в Каракалпакской АССР и Дагестанской АССР.

Рост производства основной сельскохозяйственной продукции на орошаемых и осушенных землях в колхозах и госхозах страны после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПС приведен в таблице 1.

Таблица 1. Рост производства основной сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях

Продукция	1965 г.	1979 г.
Валовая продукция, млрд. руб.	6,23	14,5
Зерно (всего); млн. т	4,67	16,7
В том числе:		
рис	0,58	2,40
кукуруза	0,47	2,71
Хлопок-сырец	5,66	9,16
Овощи	5,34	13,0
Корма на пашне и сенокосах, млн. т корм. ед.	6,25	30,0

Таблица 2. Рост урожайности сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях, ц/га

Культуры	1965 г.	1979 г.
Зерновые (всего)	13,8	32,0
В том числе:		
кукуруза	22,4	48,4
рис	26,9	39,2
Хлопок-сырец	23,2	29,6
Овощи	135,0	180,0
Сахарная свекла	229,0	310,0

В результате улучшения эксплуатации и использования мелиорированных земель урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях значительно возросла (табл. 2).

В отдельных республиках, областях и районах на мелиорируемых землях получают более высокие урожаи. Так, в Крымской области в 1979 г. на орошаемых землях получено по 48,5 ц/га риса, зерна кукурузы — по 66,6 ц/га, кормовых корнеплодов — по 757 ц/га, сена многолетних трав — по 60,5 ц/га. В Краснодарском крае на орошаемой площади в 205 тыс. га урожайность зерновых составила 43,3 ц/га.

Дальнейшее развитие мелиорации земель определил XXVI съезд КПСС. За счет государственных капитальных вложений намечено ввести в эксплуатацию 3,4...3,6 млн. га орошаемых и 3,7...3,9 млн. га осушенных земель, обводнить в пустынных, полупустынных и горных районах 26...28 млн. га пастбищ.

§ 3. Природные условия территории СССР и потребность ее в мелиорациях

По природным условиям, и в частности по количеству осадков и теплу, районы Советского Союза далеко не одинаковы. Количество осадков в СССР колеблется от 170 мм в районах Средней Азии до 2500...2700 мм в год в районе Батуми.

В зависимости от баланса влаги и тепла территорию СССР условно делят на пять зон: тундру, лесную, лесостепь, степь, пустыню (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Основные климатические показатели природных зон СССР

Зона	Среднегодовая температура воздуха, °С	Число дней с температурой > 5 °С	Осадки за год, мм	Испарение с водной поверхности за год, мм
Тундра	-9	90	290	250
Лесная	-1	140	450	410
Лесостепь	+2	170	420	600
Степь	+5	190	340	850
Пустыня	+11	230	170	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. Районы северной и средней тайги с избыточной естественной увлажненностью преобладают на европейском Севере и Северо-Западе, в Западной и Восточной Сибири; южная тайга и смешанные леса — в центральном и северо-восточном районах Нечерноземной зоны, на Среднем Урале, в Алтайско-Кемеровском районе и на Дальнем Востоке, в Белоруссии и Прибалтике. Лесостепь наиболее распространена в центральных черноземных областях, в районах Южного Урала, в лесостепи Украины и в Молдавии.

К влажным типичным степям относятся ландшафты юго-востока, Северного Кавказа и украинской степи, а также юга Молдавии и Северного Казахстана. Засушливые южные степи преобладают в северной части Казахстана, на Северном Кавказе, в Центральном и Восточном Казахстане, а также в районах Запалжья.

§ 4. Мелиоративные зоны СССР

При выделении мелиоративных зон и районов и тем более отдельных объектов орошения и осушения внутри крупных природных зон приходится учитывать не только климат и ландшафт, но и почвенно-гидрологические условия:

рельеф и механический состав почв (пойма, древняя терраса, предгорье, пески, просадочные земли и др.);

типы почв и их сочетание (черноземы, дерново-луговые, лугово-болотные, каштановые, засоленные почвы в комплексе с солонцовыми, солончакками и др.);

гидрогеологические и мелиоративные свойства почв и грунтов, которые характеризуются наличием водоупора, близостью стояния и минерализацией грунтовых вод, их отточностью, водопроницаемостью и водоподъемной способностью, общей и свободной емкостью насыщения почв и грунтов и др.

А. Н. Костяков при выделении зон различного увлажнения пользовался коэффициентом водного баланса K :

$$K = \mu P / E; \quad E = 100 t \left(1 - \frac{r}{100} \right),$$

где P — осадки за год, мм; μ — 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 пользовался коэффициентом увлажнения K :

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

где P — сумма осадков за год, мм; E — годовая испаряемость, равная сумме месячной испаряемости (ΣE_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 4.

Таблица 4. Значения коэффициента увлажнения K в зависимости от зоны

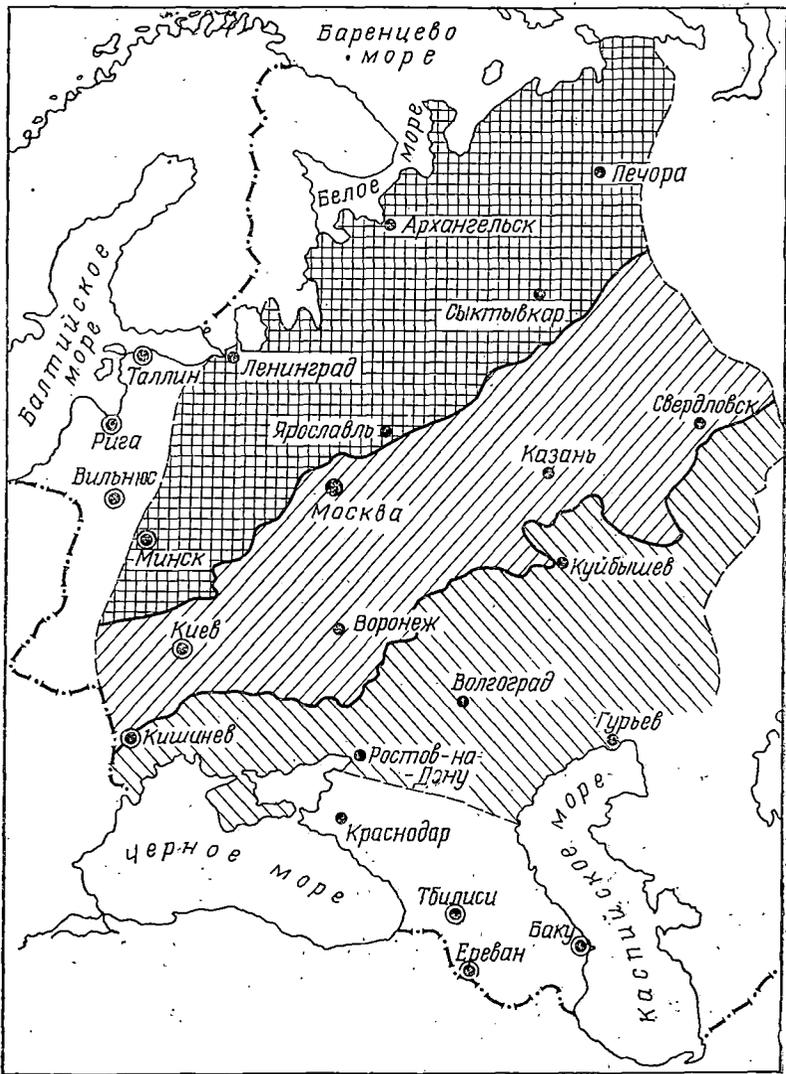
Зона	Сумма осадков за год, мм	Коэффициент увлажнения K	Зона	Сумма осадков за год, мм	Коэффициент увлажнения K
Пустыня	80...120	$< 0,1$	Южные степи	250...450	0,3...0,5
Полупустыня	150...250	0,1...0,2	Черноземные степи	350...550	0,5...0,7
Сухие степи	200...400	0,2...0,3	Лесостепь	450...650	0,7...0,9

В лесной, наиболее увлажненной, зоне коэффициент K будет $> 1,0$.

Г. Т. Селянинов при выделении климатических и сельскохозяйственных зон пользуется гидротермическим коэффициентом K :

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

где P — сумма осадков за период вегетации, мм; Σt — сумма среднесуточных температур воздуха за тот же период, °С.



1



2



3

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

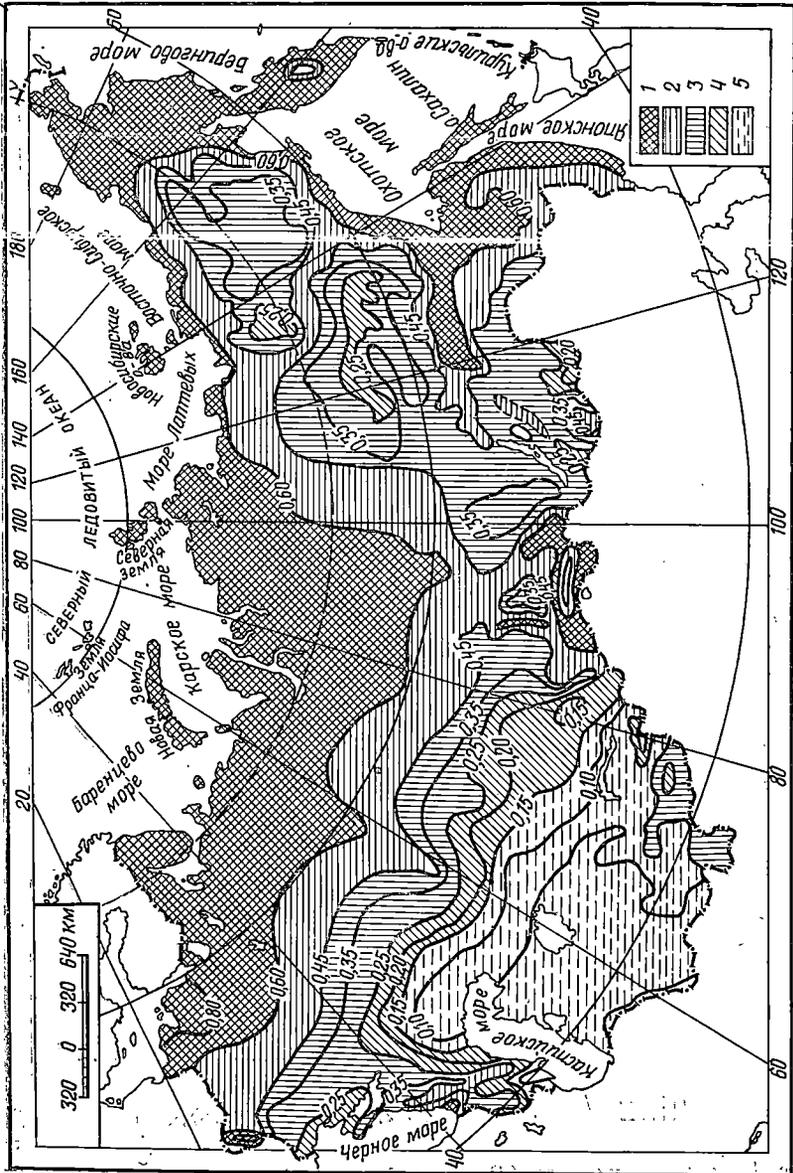


Рис. 2. Зоны обеспеченности растений влагой (по Д. И. Шашко):
 1 — избыточно влажная; 2 — влажная; 3 — умеренная; 4 — засушливая; 5 — сухая.

Гидротермический коэффициент K по Г. Т. Селянинову 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 месяцы (июль...август) (табл. 5).

Таблица 5. Средние значения гидротермических коэффициентов в некоторых районах СССР

Метеостанция	Месяц						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	V-VIII
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	0,53
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

Д. И. Шашко в основу характеристики территории по увлажненности 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, Σd — 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...0,6; слабозасушливая — 0,25...0,45; засушливая — 0,15...0,25; сухая — 0,15.

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

Глава 2. СВЕДЕНИЯ О СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ПОЧВЕННОЙ ГИДРОЛОГИИ

§ 5. Элементы сельскохозяйственной гидрологии

Основным источником пресной воды на земной поверхности являются осадки. Выпадая на земную поверхность, осадки увлажняют почву, стекают с гор в долины, питают грунтовые воды. Огромное количество воды стекает в реки, а затем в моря и океаны. Вода с поверхности морей, океанов и с земной поверхности испаряется, в результате чего в атмосфере образуется огромное количество водяных паров, перемещающихся на материк со стороны Средиземного моря, Атлантического и Тихого океанов. Благодаря конденсации и турбулентному перемещению водяных паров образуются дождевые облака и тучи, которые в областях пониженного давления дают повторные осадки. В свою очередь, они опять стекают с поверхности земли в реки и океан, поглощаются почвой и растениями и испаряются в атмосферу. Опять образуются тучи и в местах пониженного давления идет дождь и т. д. Такое движение называется круговоротом воды в природе (табл. 6).

Таблица 6. Годовое количество воды, участвующее в круговороте, тыс. км³

Элементы водоборота	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. км³ воды. Достаточно постоянен и запас подземных вод. В пятикилометровой толще суши он составляет 49,5 млн. км³ воды.

Под действием солнечного тепла (лучистой энергии солнца) вода на поверхности земли превращается в пар и поднимается в атмосферу; при охлаждении парообразная влага в атмосфере конденсируется и под действием силы тяжести выпадает на поверхность (рис. 3).

Несмотря на огромные массы водяных паров в толще атмосферы, перемещающихся с запада на восток, количество выпадаемых осадков не везде одинаково. Это объясняется следующими причинами:

особенностью циркуляции водяных паров в атмосфере. Несмотря на примерно одинаковое содержание водяных паров в атмосфере, на европейской территории СССР, где преобладает вертикальное, то есть циклоническое, движение водяных паров, осадков выпадает значительно больше, чем на азиатской с горизонтальным, то есть антициклоническим, перемещением воздушных масс;

особенностями рельефа, а следовательно, разностью вертикальных отметок местности над уровнем моря. Наличие крупных возвышенностей и горных кражей приводит к увеличению шероховатости подстилающей поверхности, разности температурных градиентов и вертикальных скоростей движения воздуха, а следовательно, и увеличению осадков, причем в этих условиях роль рельефа местности более ощутима в районах циклонического движения воздуха.

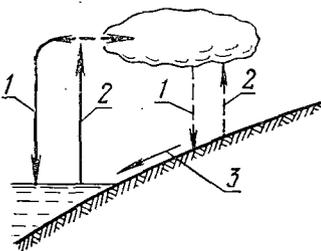


Рис. 3. Схема круговорота воды в природе:
1 — осадки; 2 — испарение; 3 — сток с суши.

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%. Такое увеличение осадков в горной местности Казахстана объясняется отсутствием в равнинных степях необходимых условий для конденсации водяных паров.

Для условий Украины годовая сумма осадков с высотой увеличивается в среднем на 26% на каждые 100 м.

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

наличием на поверхности земли крупных лесных массивов и полезащитных лесных полос. При посадке их по схеме $0,5 \times 1,0$ км резко меняется шероховатость поверхности, что способствует возрастанию вертикальных скоростей перемещения воздушных масс и выпадению осадков.

Сочетание лесных насаждений и полезащитных лесных полос, особенно в зоне циклонического перемещения водяных паров, может увеличить осадки на 10...15%. Причем наибольшее возрастание их наблюдается в районах с более длинными контурами лесных насаждений. Небольшие возвышенности и лесные массивы могут увеличить количество осадков до 1 мм на каждый метр превышения.

Чтобы иметь представление о круговороте воды в природе, надо знать, из чего слагаются основные элементы водного баланса суши и отдельно взятой территории. Элементы водного баланса лучше 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; σ — поверхностный сток, мм.

Для отдельного участка земли или замкнутого водного бассейна это уравнение может быть написано в следующем виде:

$$O = (E - \sigma) \pm W_{г.в.},$$

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

Если принять, что испариться может только вода, попавшая в почву от осадков, то между испарением E и водой, поглощенной почвой в зоне аэрации, W можно с известным допущением поставить знак равенства $E = W$.

Тогда уравнение водного баланса отдельно взятой территории с мелиоративной точки зрения можно написать в следующем виде:

$$O = (W + \sigma) \pm W_{г.в.}$$

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

Роль испарения как фактора, способного значительно увеличить содержание водяных паров атмосферы и тем самым изменить климат засушливых степей юго-востока за счет водохозяйственных мероприятий (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.

Таким образом, улучшение микроклимата при широком развитии мелиоративных и водохозяйственных работ связано с резким изменением объема влаги в пятикилометровой толще атмосферы не за счет усиленного испарения с орошаемых полей, а за счет повышения шероховатости поверхности земли, создаваемой лесными насаждениями и полезащитными лесными полосами.

§ 6. Осадки и распределение их по территории СССР

Роль осадков с гидрологической и сельскохозяйственной точки зрения очень велика. В воднобалансовых расчетах осадки составляют не менее 30...40%, а в отдельные годы — до 60...70% общего

водопотребления растений. По отдельным периодам года, а также фазам и периодам роста осадки распределяются неодинаково. Наибольшее количество их выпадает в районах Центрального Кавказа. Среднегодовая сумма осадков, например, в Батуми составляет 2700 мм, во влажные годы — 4000 мм.

В Ташкенте среднемноголетнее количество осадков не превышает 350 мм, в сухие годы — 100...150 мм.

Больше всего осадков выпадает в летний и весенний периоды. Летние осадки обычно носят грозовой характер. Из-за ливневого характера большинство летних осадков малоэффективно, так как большое количество воды 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 водоносность рек. Наиболее благоприятны осадки интенсивностью 0,1...0,15 мм/мин. С повышением продолжительности выпадения дождя интенсивность ливня снижается.

Связь между интенсивностью дождя и ее продолжительностью определяется формулой, которая хорошо подтверждается наблюдениями (П. Ф. Горбачев):

$$i = at^{0,5},$$

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

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

где h — осадки, мм.

Мелкие дожди без стока воды характеризуются силой дождя a = до 1,0, большие проливные дожди — a = 5,1...7,0, тропические, ураганные осадки — a = 16,1...35,0. В равнинных районах СССР сила дождя не превышает a = 12.

§ 7. Испарение

Сезонное и годовое испарение также различается по районам и зонам. В северных районах оно меньше, чем в южных. На сезонное и годовое испарение большое влияние оказывают сельскохозяйственные и лесные угодья.

При определении объемов испарившейся воды различают испарение и испаряемость. Под испарением E обычно понимают фактический общий или суммарный расход воды, который происходит в конкретных почвенно-климатических условиях на территории, занятой полевыми или лесными культурами. Под испаряемостью E_0 обычно понимают максимально возможное (потенци-

альное) общее испарение при неограниченных влагозапасах испаряющей поверхности. Испаряемость зависит от напряженности климатических факторов, и в частности от дефицитов влажности и температуры воздуха, тепла солнечной радиации, скорости ветра и интенсивности турбулентного влагообмена и т. д.

До последнего времени потенциальное испарение, или испаряемость, определяли по испарению с водной поверхности какого-нибудь естественного или искусственного водоема. За стандартную площадь искусственного водоема приняты 20 м² при глубине водоема 2 м. Испарение с водной поверхности учитывают плавающими испарителями. Относительную испаряемость измеряют прибором А. Р. Константинова. Для определения испаряемости и испарения с растительного покрова пользуются испарителями ГГИ-500, ГГИ-3000, испарителями конструкции В. П. Попова и др. Испарение с водной поверхности в связи с различными условиями теплообмена ниже испарения, получаемого с предельно увлажненной открытой почвы в весенние и летние месяцы, на 10...13%. Осенью наблюдается обратная картина. Поэтому испарением с водной поверхности, полученным с неглубоких испарителей — водоемов, можно пользоваться с известной точностью для характеристики максимально возможного испарения (А. Р. Константинов).

С точки зрения сельскохозяйственной гидрологии весьма важным вопросом является соответствие испаряемости E_0 и испарения с увлажненной почвы, занятой растительностью, так как расчеты водопотребления культур часто ведут по испаряемости, рассчитанной по ряду формул. Несмотря на то, что при оптимальном увлажнении максимальное испарение с сомкнутого травостоя различных сельскохозяйственных культур в период максимального роста и развития практически бывает одинаково, А. Р. Константинов считает, что за эталон испаряемости надо принимать не открытую обильно увлажненную почву, а обильно увлажненный луг. Ввиду того что методы определения и применения испаряемости различны, при гидрологических и водохозяйственных расчетах пользоваться испаряемостью надо умело. Для оценки возможного испарения с поверхности прудов и водохранилищ надо пользоваться испарением с водной поверхности. Испарение рассчитывают 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 м²) и А. П. Бреславским и З. А. Викулиной для водохранилищ среднего размера. При использовании испаряемости в агрометеорологических и агромелиоративных целях она должна соответствовать испарению обильно увлажняемой сельскохозяйственной культуры и, в частности, обильно увлажняемого луга. Эту испаряемость получают на опытных площадках или в лизиметрах и испарителях типа ГГИ-3000.

Испаряемость с водной поверхности обычно ниже, чем испа-

ряемость, вычисленная по дефициту влажности воздуха. На хорошо увлажненной почве испаряемость E_0 выражается формулой:

$$E_0 = ad^n,$$

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

Для небольших водоемов и речных водохранилищ испаряемость E_0 определяют по формуле В. К. Давыдова:

$$E_0 = 15D^{0,8} (1 + 0,125W),$$

где D — среднемесячный дефицит влажности воздуха на высоте будки, мм; W — среднемесячная скорость ветра, м/с.

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

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

По Б. Д. Зайкову, месячную испаряемость вычисляют по выражению

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

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

По С. Н. Крицкому и М. Ф. Менкелю месячную испаряемость находят по формуле.

$$E_0 = 9(e_0 - e_{200})\sqrt{1 + 0,15W_{900}},$$

где W_{900} — скорость ветра на высоте 900 см; e_{200} и W_{900} определяют по данным ближайшей метеостанции. Остальные обозначения те же, что в формуле Б. Д. Зайкова.

По Н. Н. Иванову месячную испаряемость вычисляют приближенно по формулам

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

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

где t — среднемесячная температура воздуха, °C; α — среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

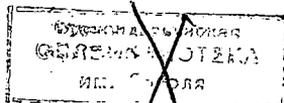
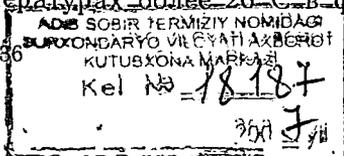
Месячную испаряемость определяют и по сокращенной формуле Н. Н. Иванова

$$E_{0, \text{мес}} = 18,4D,$$

где D — среднемесячный дефицит влажности воздуха, мм.

Эта формула совпадает с обычной формулой при месячной температуре 24...28 °C, при $t = 10...15$ °C она занижает испарение на 17...24%, а при $t = 35...40$ °C — на 20...30%. При среднесуточных температурах более 26 °C в формулу Н. Н. Иванова вводят пони-

2-1336



17

жающий коэффициент Л. А. Молчанова, равный 0,8. Тогда месячная испаряемость будет равна:

$$E_{\text{о.мес}} = 0,00144 (25 + t)^2 (100 - \alpha).$$

По Э. М. Оделькопу в теплый период месячную и годовую испаряемость определяют по формулам

$$E_{\text{о.мес}} = 22,7D; \quad E_{\text{о.год}} = 232D.$$

По А. И. Ивицкому испаряемость с обнаженного торфяника выражается формулой

$$e = \frac{(e - f)(1 + 0.1W)}{2,718t},$$

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

Испарение колеблется в значительных пределах. Это зависит от количества осадков и геоморфологических условий суши. Большую роль в регулировании стока играет хозяйственная деятельность человека (распашка земель, облесение и др.).

Испарение с водной поверхности зависит также от размера водоема, температуры воздуха, ветра, солености воды (чем она больше, тем меньше испарение) и др. Испарение зависит и от относительной влажности воздуха, то есть от дефицита насыщения атмосферы водяными парами. С понижением относительной влажности воздуха, то есть с повышением испаряемости, разница в испарении с поверхности водоема с пресной водой и соленой заметно снижается. Вследствие меньшей испаряемости морская вода теряет меньше тепла, чем пресная в водоеме. Уменьшение испарения для водоема с минерализованной водой по Б. Г. Иванову подсчитывают по формуле

$$\Delta U = \frac{\Delta E}{E} \frac{100}{1 - 0,01r},$$

где ΔU — уменьшение испарения по сравнению с пресной водой, %; E — упругость водяного пара над пресной водой, мм; ΔE — понижение упругости пара вследствие минерализации воды, мм; r — относительная влажность воздуха над водой, %.

Испарение с водной поверхности изменяется по годам. Средние значения весеннего стока и годового испарения с водной поверхности в различных районах СССР показаны в таблице 7.

Сезонное и годовое испарение с суши меньше, чем с водной поверхности. В естественных, то есть бытовых, условиях испарение подвержено очень большим колебаниям: оно зависит от близости залегания грунтовых вод, почвы и культуры. Отсутствие или недостаточное количество осадков при большом иссушении почвы приводит к тому, что испарение в Нечерноземной зоне и лесостепи выше, чем в южной сухой степи. В степных и полупустынных районах испарение наблюдается только ранней весной, когда в

Таблица 7. Изменение среднемноголетнего весеннего стока и испарения с водной поверхности в СССР

Пункты	Весенний сток, мм	Годовое испарение с водной поверхности, мм	Пункты	Весенний сток, мм	Годовое испарение с водной поверхности, мм
Архангельск	182	300	Харьков	40	650
Ленинград	120	400	Саратов	50	700
Москва	105	460	Кишинев	10	750
Киров	140	475	Краснодар	0	700
Смоленск	120	480	Куйбышев	55	720
Минск	75	530	Ростов-на-Дону	15	850
Казань	105	550	Волгоград	20	900
Воронеж	70	560	Астрахань	10	1000
Киев	50	600	Пахта-Арал	0	1311
Краснодар	5	700	Голодная степь	0	1400

почве имеется влага и растут растения; летом, если не применяют орошение, степь настолько высыхает, что не может испарять влагу.

При орошении, когда на поля подается большое количество воды и она проникает не только в верхние, но и в более глубокие слои почвы, испарение в степных и полупустынных районах в 3...4 раза выше, чем в лесостепи и Нечерноземной зоне. Следовательно, испарение с поверхности суши зависит от многих факторов, и оно устойчиво в том случае, если почва поддерживается во влажном состоянии. При оптимальном режиме увлажнения почвы 75...80% НВ наибольшим испарением обладают культуры с длительным периодом вегетации, густым стеблестоем и мощно развитой корневой системой. К таким культурам относятся озимые колосовые (рожь, пшеница), рис, сахарная свекла, люцерна, луговые травы и др.

На территории СССР максимальное испарение с поверхности суши наблюдается в июне и июле, когда почва имеет достаточные естественные запасы влаги, а у растений сильно развит стеблестой. Минимальное испарение отмечается в зимние месяцы. Однако испарение с поверхности суши европейской и азиатской территорий неодинаковое (табл. 8). На севере европейской территории СССР испарение в июне составляет 32%, в азиатской — 40% годовой суммы. На юге европейской территории СССР в июне и июле испаряется соответственно 18 и 17%, в азиатской — 21% годовой суммы.

Суммарное испарение изменяется не только по географическим зонам и отдельным месяцам, но и по культурам, и условиям года. Фактические расходы воды на испарение и транспирацию в значительной степени изменяются по годам. Для неорошаемых культур в сухие годы суммарное испарение в 2...3 раза ниже, чем во влажные, то есть испарение весьма неустойчиво по годам. Сказан-

Т а б л и ц а 8. Среднемесячные и годовые испарение с поверхности суши в различных зонах и районах ССРС
(по данным А. Р. Константинова)

Метеорологические станции	Месяц												Год				
	IV		V		VI		VII		VIII		IX			X		IV—IX	
	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
Вильноса	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
Везенчук	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	10,6	41	7,0	444	75	587
Тихорецк	65	10,0	85	13,0	91	13,9	91	14,5	82	12,6	65	9,0	51	7,8	462	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	70	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	13	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

ное относится не только к зерновым колосовым, но и к пропашным культурам и многолетним травам.

Разница между фактическим испарением E и потенциальным испарением E_0 характеризуется дефицитом испарения ΔE .

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

Кроме дефицита испарения, весьма важной гидрологической характеристикой, которой пользуются при определении возможного суммарного испарения, является коэффициент испаряемости K :

$$K = E/E_0; \quad E = KE_0.$$

Для районов европейской территории СССР естественный, или бытовой, коэффициент испаряемости изменяется в зависимости от зоны, сельскохозяйственной культуры и года. В районах Нечерноземной зоны СССР, где выпадает много осадков, много болот и почва влажная, а культуры имеют хорошо развитый стеблестой, коэффициент испаряемости для трав, зерновых колосовых и других культур колеблется от 0,7 до 0,9, в среднем он равен 0,8. В засушливых районах он значительно ниже. При орошении в связи с резким повышением влажности почвы, а следовательно, и испарения E он обычно выше в 2...3 раза и более. В засушливых районах европейской территории СССР естественный коэффициент испаряемости равен в среднем 0,3...0,5. Для орошаемых культур он выше, для зерновых колосовых — 0,6...0,7, для овощных и пропашных — 0,7...0,8, для многолетних трав — 0,8...0,9, для риса — 0,9...1,0.

Зная испаряемость E_0 и коэффициент 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 .

$$E = 800 \cdot 0,6 = 480 \text{ мм.}$$

В таблице 9 приведены средние бытовые значения коэффициента испаряемости для западных и центральных областей за май...октябрь, для южных районов СССР за апрель...сентябрь.

Кроме испарения и испаряемости, при гидрологических расчетах используют и такую характеристику, как дефицит увлажнения или дефицит испаряемости. Дефицит увлажнения E_d и коэффициент дефицита увлажнения K_d являются показателями естественной водообеспеченности того или другого района и в настоящее время используются при водохозяйственных расчетах.

Дефициты и коэффициенты дефицитов увлажнения определяют по формулам

$$E_d = E_0 - O; \quad K_d = \frac{E_d}{E_0}; \quad E_d = K_d E_0.$$

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

Таблица 9. Средние значения испаряемости и испарения для различных зон 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

Таблица 10. Средние значения дефицитов и коэффициентов увлажнения за апрель...сентябрь по отдельным зонам и районам СССР

Пункты	Испаряемость по Иванову E_c , мм	Осадки O , мм	Коэффициент увлажнения K по Иванову	Дефицит увлажнения испаряемости E_d , мм	Коэффициент дефицита увлажнения или испаряемости K_d
Минск	500	330	0,66	170	0,30
Ленинград	550	343	0,62	207	0,37
Смоленск	652	400	0,61	252	0,38
Москва	670	376	0,56	294	0,44
Киев	732	390	0,53	342	0,47
Воронеж	749	290	0,40	459	0,61
Саратов	790	210	0,27	580	0,73
Волгоград	852	170	0,20	682	0,80
Астрахань	1000	120	0,12	880	0,88
Ростов-на-Дону	950	260	0,27	690	0,72
Ставрополь	920	400	0,43	520	0,53
Краснодар	950	324	0,34	626	0,68
Херсон	810	200	0,24	610	0,75
Ворошиловград	868	255	0,29	613	0,70
Тирасполь	750	240	0,32	510	0,68
Гори	800	292	0,36	608	0,76
Джафархан	980	98	0,10	882	0,89
Чарджоу	1187	32	0,03	1155	0,97
Карши	1198	58	0,05	1140	0,95
Пахта-Арал	1100	73	0,07	1027	0,93
Джамбул	950	130	0,13	820	0,86
Рубцовск	700	190	0,27	510	0,73
Абакан	720	306	0,42	414	0,57
Биробиджан	890	565	0,63	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 он будет отображать оросительную норму. Следовательно, дефицитом увлажнения или испаряемости можно пользоваться 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. В районах европейской территории СССР коэффициент K_d колеблется от 0,4 до 0,8, в Средней Азии — от 0,8 до 0,9 (табл. 10).

§ 8. Понятие о объеме, коэффициенте и модуле поверхностного стока

Поверхностный сток воды зависит от времени года. Он может быть весенним, летним, осенним и среднегодовым. В районах европейской территории СССР наибольший поверхностный, а следовательно, и подземный сток наблюдается весной в период таяния снега. В районах Средней Азии и Закавказья наиболее высокие и устойчивый сток отмечается летом — 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 в 1 мм на площадь в 1 га, выраженную в m^2 , то есть $0,001 \cdot 10\,000 = 10\, m^3$.

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

$$W = 10hF = 10 \cdot 30 \cdot 3000 = 900\,000\, m^3.$$

Коэффициент стока α получают от деления объема стока W (мм или m^3) на количество осадков O в тех же измерениях.

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

Коэффициент инфильтрации или поглощения осадков почвой β определяют делением объема поглощенной воды почвой W_{Π} (мм или m^3) на количество осадков O , которые выражают в тех же единицах измерения.

$$\beta = W_{\Pi}/O; \quad W_{\Pi} = \beta O.$$

Зная коэффициенты α и β , можно определить W и W_{Π} , пользуясь формулами

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

Пример. Допустим $\alpha = 0,4$, $\beta = 0,6$, $O = 300$ мм. Требуется определить W и W_{Π} .

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

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

Коэффициенты поверхностного стока и инфильтрации сильно колеблются в зависимости от почвы, уклона местности и других условий. Изменение коэффициента поверхностного стока в зависимости от почвенных условий приведено ниже: 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...0,80; весенний сток по мерзлой почве — 0,80...0,95.

Доля или коэффициент поверхностного стока α и доля или коэффициент инфильтрации β дают почти точное равенство $\alpha + \beta = 1$, но в пределах этого равенства каждый коэффициент может изменяться от 0 до 1, в зависимости от многих факторов. Соотношение α и β непрерывно меняется на протяжении одного весеннего паводка или ливневого дождя. В целях бóльшего накопления влаги на полях надо стремиться, чтобы значение коэффициента β приближалось к 1, а коэффициент α соответственно уменьшался. Это соотношение в сильной степени зависит от влажности почвы и ее физического состояния.

Если почва иссушена, то она обладает высокой инфильтрационной способностью, а на сильно увлажненной почве коэффициент стока бывает значительным. На повышение коэффициента стока талых вод сильно влияет глубина промерзания почвы, высокая влажность в верхнем слое почвы и особенно образовавшаяся на ее поверхности ледяная корка. Весьма сильно влияют на сток и инфильтрацию растительность, характер обработки почвы, степень ее оструктуренности.

Модуль поверхностного стока характеризует расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$ или $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{га})$). Для определения модуля поверхностного стока q необходимо знать общий расход воды поверхностного стока Q ($\text{м}^3/\text{с}$ или $\text{л}/\text{с}$) и площадь водосбора F (га), то есть площадь, с которой стекает вода. Расход воды Q может быть получен непосредственно по данным ближайшего гидрометеопоста или же путем пересчета, зная объем стока W (м^3).

$$Q = \frac{W 1000}{86400} = \frac{W}{86,4}$$

и далее $q = Q/F$.

Модуль поверхностного стока вычисляют по общей площади водосбора, какой-нибудь балки или реки. Часто модуль стока опре-

деляют на элементарных гидрологических площадках до 1 га и более. Их размещают на площади водосбора в зависимости от почвенных условий, уклона местности и наличия травянистой и древесной растительности. Площадку для изучения элементарного стока длинной стороной располагают 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, имеющим трапецеидальное сечение. На этих же площадках можно определять и объем стока W (м³). Для этого надо знать не только расход воды Q (л/с), но и время t , за которое наблюдается этот расход. Объем стока составит $W = Qt/1000$. Расход воды с элементарных площадок очень динамичен.

На этих площадках, помимо расхода воды и объема стока, можно определять и поглощение влаги почвой. Для этого вычисляют запасы влаги в почве до снеготаяния или летнего ливня и после него. Объем воды, который может быть поглощен почвой, определяют в слое мощностью не менее 1,0...1,5 м, а лучше 2 м, а после снеготаяния или ливня — на глубину промачивания.

Глава 3. ВЛАГА И ЕЕ ДВИЖЕНИЕ В ПОЧВОГРУНТАХ

§ 9. Влага в почве

Влага размещается в порах почвы 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, находящийся в 1 см³ естественно сложенной почвы.

Скважность зависит от генезиса почвы, ее геологического возраста, испытываемого ею давления и характера сельскохозяйственной обработки.

Пористость почвы P определяют по формуле

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

где α — объемная масса сухой почвы, то есть масса 1 см³ почвы в ненарушенной структуре, выраженная в г; β — плотность твердых частиц, г/см³.

Плотность почвы зависит от ее минералогического состава. Так, плотность минеральных почв колеблется от 2,4 до 2,75 г/см³, а в среднем равна 2,65 г/см³, плотность торфа — от 1 до 2 г/см³, в зависимости от состава торфообразующих растений, зольности и степени разложения торфа.

Объемная масса α минеральных почв изменяется от 1,75 до 0,90 г/см³, а торфа — от 1,5 до 1,0 г/см³ и менее.

Размер и форма пор в почве сильно отличаются даже в одной и той же почвенной разности, поэтому скважность почвы определяют опытным путем.

Поперечные размеры почвенных пор составляют доли миллиметра. Очень сильно разнятся поры в торфяных почвах, где наряду с очень мелкими микропорами в растительных остатках имеются и относительно крупные поры.

В глинистых грунтах также имеются очень мелкие микропоры, могут встречаться и более крупные в несколько миллиметров. В песчаных почвогрунтах, где частицы представлены преимущественно округлыми, выпуклыми зернами, поры более равномерны. В песках поры более крупные, чем в глинистых и суглинистых почвогрунтах.

Размер и форму почвенных пор определить очень трудно, поэтому при изучении режима почвенной влаги исходят из изучения гранулометрического состава почвы. Гранулометрия — прием измерения размеров почвенных частиц (механического состава почвы).

В мелиорации чаще всего пользуются не данными анализа элементарных частиц (механический анализ) почвы, почвенного порошка, полученного растиранием почвы, а данными агрегатного состава почвы, то есть с естественными неразрушенными почвенными агрегатами, на которые распадается почва при элементарном анализе. Водные свойства почвы зависят от ее механического и агрегатного составов.

§ 10. Состояние влаги в почве

Влага в почве под влиянием различных сил находится в неодинаковом состоянии. Силы, действующие на почвенную влагу, выражаются термодинамическим потенциалом, т. е. суммой потенциалов: гравитационного осмотического, капиллярно-сорбционного и пневматического (воздушно-газового давления). Когда почва полностью насыщена влагой и в водном растворе нет солей, то потенциал почвенной влаги равен нулю.

Влага 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, входящая в состав ряда веществ почвы в небольшом количестве, 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, называется *гигроскопической*.

Количество воды, адсорбированное почвенной частицей, прямо пропорционально суммарной поверхности частицы почвы 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 лишь при переходе ее в парообразное состояние. Она не растворяет солей в почве, не вызывает ее набухания.

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

Максимальную гигроскопическую влажность определяют в лабораторных условиях путем длительного (десять дней) 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 гигроскопическая влажность является важнейшей водно-физической константой почвы, так как по ней определяют влажность завядания растений (ВЗ).

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 16...20% массы абсолютно сухой почвы.

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

Пленочная влага удерживается вокруг твердой частицы почвы молекулярными силами. На поверхности почвенной частицы она удерживается с меньшей силой, чем гигроскопическая влага. Содержание пленочной воды даже в одной и той же почве изменяется в зависимости от механического состава, наличия перегноя и концентрации почвенного раствора. Плотность и вязкость пленочной влаги несколько выше, чем свободной воды. Движение пленочной влаги происходит под действием градиента молекулярных сил.

Вода в твердом состоянии, или лед, образуется при отрицательной температуре, с увеличением объема на $\frac{1}{11}$. Лед обладает пластичностью. При образовании ледяных кристаллов в почвен-

ных порах он раздвигает почвенные частицы и в то же время склеивает 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 находится в почве при любом ее увлажнении, занимая поры, свободные от капельно-жидкой воды. Количество парообразной воды бывает небольшое — не более 0,001% массы почвы, но 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 парообразная вода движется из почвы с более высокой температурой и упругостью пара в почву 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 может происходить перемещение водяных паров из нижних, более теплых, слоев в верхние, охлажденные. На поверхности структурных агрегатов почвы этих слоев водяные пары будут конденсироваться и переходить в капельно-жидкое состояние. Это явление получило название подземной росы. В дневное время при нагревании верхних слоев почвы пары воды будут перемещаться сверху вниз и в глубоких слоях почвы могут сгущаться на поверхности почвенных частиц.

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

Конденсация водяных паров, наблюдаемая на глубине до 0,8...2 м, имеет большое практическое значение в улучшении водного режима почв, особенно для аридных областей, где в ночное время она достигает 4...8 мм и более.

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

Капиллярная вода насыщает капилляры почвы при ее соприкосновении со свободной поверхностью воды. Она удерживается

в почве силой водных менисков. Вода эта неоднородна по физическим свойствам. Капиллярная вода замерзает при температуре тем ниже, чем меньше диаметр пор почвы. В порах почвы диаметром 0,06 мм капиллярная вода замерзает при температуре $-18,5^{\circ}\text{C}$. Внутрипочвенное движение воды в порах под действием менисковых сил принято называть капиллярным.

Скорость движения воды по почвенным капиллярам тем выше, 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 σ .

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} равна:

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

где γ — масса 1 см³ воды, г; r — радиус капилляра, см.

Высоту капиллярного поднятия воды в почве вычисляют по формуле Жюрена:

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

где H — высота капиллярного поднятия, см; 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 различных почвогрунтов имеет следующие значения: песок (кварцевый) — 18...22 см, супесь — 100...150, суглинок — 150...300, тяжелый суглинок — 300...400, лёсс — 250...350 см, торф — 50...80 см.

В песчаных почвах капиллярное поднятие наибольшей высоты достигает через несколько часов, в суглинистых и глинистых почвогрунтах — через несколько месяцев и даже лет.

§ 11. Влагоемкость почвы

Влагоемкость почвы (влагоудержание) — это способность почвогрунта вмещать или удерживать при определенных условиях некоторое количество влаги. Она зависит от состояния увлажненности, пористости, температуры почвы, концентрации и состава почвенных растворов, степени окультуренности почвы и др. С по-

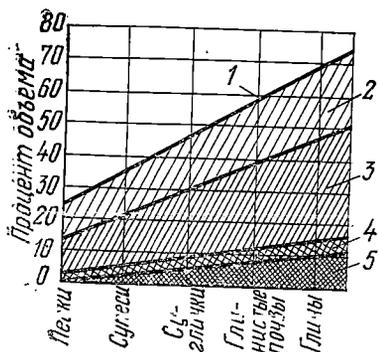


Рис. 4. Соотношение основных форм воды в почве в зависимости от механического состава:
 1 — полная влагоемкость; 2 — гравитационная вода; 3 — капиллярная вода; 4 — коэффициент усадки; 5 — гигроскопическая вода.

вышением температуры почвы и воздуха влагоемкость уменьшается, за исключением почв, обогащенных 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 (% к объему почвы) и ее объемную массу α (г/см³), можно определить ПВ любого почвенного слоя: $PВ = P/\alpha$ (% от массы сухой почвы).

При полной влагоемкости поры почвы заполняются водой только при очень продолжительном насыщении.

В большинстве же случаев без особых мер по удалению (выкачиванию) воздуха из почвы вода не вытесняет всего воздуха из почвы. 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 схематично представлено на рисунке 4 (Костяков, 1960).

Наименьшая влагоемкость — это количество влаги, прочно удерживающееся в почвогрунте после полного свободного стекания гравитационной воды (ГОСТ 19179—73).

Наименьшая влагоемкость, выраженная в объемных процентах, для песчаных почв равна 4...6, для супесчаных — 6...15, для легкосуглинистых — 12...25, для суглинистых и глинистых почв — 25...35.

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

§ 12. Гравитационная вода

Когда вода заполняет все поры почвы, то, как указывалось выше, достигается полная ее влагоемкость, и вода, за исключени-

ем пленочной, начинает передвигаться под действием силы тяжести. Такая вода называется гравитационной (гравитация — тяжесть).

Эта вода в почве бывает после дождей, поливов, таяния снега и почвенной мерзлоты, а также может возникать за счет некоторой части капиллярной воды, освободившейся из-под воздействия удерживающих ее менисковых сил. Такое явление происходит при резком изменении атмосферного давления, увеличении размеров пор, в результате понижения температуры почвы и других причин.

Гравитационная вода доступна растениям, но использование ее несколько ограниченное вследствие большой подвижности. Гравитационная вода проникает через почву в более глубокие слои, поступает в водоносный горизонт, где заполняет все поры почвы, и сосредоточивается в виде грунтовой воды.

Движение гравитационной воды называется фильтрацией, и оно подчиняется закону Дарси:

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

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

Для определения коэффициента фильтрации в лабораторных условиях пользуются прибором Дарси — Тима. В него помещают монолит почвы (рис. 5). 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, подерживая его постоянным.

При фильтрации вода проходит монолит и через трубку стекает в сосуд. Измеряют напор h и путь (длину) фильтрации l , площадь поперечного сечения монолита F (см^2) и количество воды Q (м^3), поступающее в сосуд за время T (с). Тогда $q = Q/FT$ или $K = q/l/h$.

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

Если фильтрация воды через почвогрунт продолжается долго, то K может меняться во времени. Это обуславливается тем, что

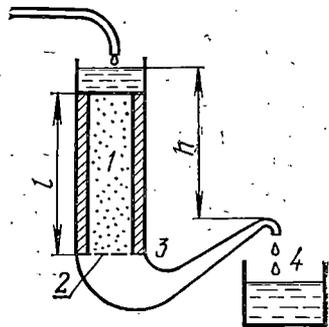


Рис. 5. Схема лабораторной установки для определения коэффициента фильтрации почвогрунта:

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

II. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

Глава 4. ВИДЫ ОРОШЕНИЯ

§ 15. Общие понятия 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 и различных интерградиентов (использование бытовых и промышленных вод);

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

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

влагозрядковым, или *запасным*, когда вода из рек и водохранилищ в осенний и зимний периоды подается на поля или многолетние насаждения (озимые, травы, сады, виноградники) для создания необходимых запасов воды не только в верхнем (1 м), но и в более глубоких (2 м) слоях почвы. К этому виду запасного 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.

Несмотря на многообразие различных видов орошения, необходимо отметить их комплексное воздействие на почву, растения и окружающую среду. Так, орошение полной речной водой не только увлажняет почву, но и изменяет ее термический режим, обогащает кислородом, а следовательно, изменяет ее окислительно-восстановительный потенциал. Вместе с оросительной водой на поля поступает большое количество питательных веществ, улучшающих структуру и плодородие почвы. При больших поливных нормах воды из почвы вымываются вредные соединения солей.

§ 16. Регулярное и одноразовое орошение

По характеру и срокам применения орошение может быть нерегулярным и регулярным. К нерегулярному, то есть 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 — рано весной, когда стекают талые воды. Создание запасов влаги в почве в осенний или ранневесенний период под озимые культуры, ранние яровые, многолетние травы, сады и виноградники при соответствующей агротехнике является непременным условием получения не только высоких, но и устойчивых урожаев.

При регулярном орошении воду на поля, занятые культурой, подают не один, а 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 урожай в 2...3 раза выше, чем при нерегулярном орошении.

§ 17. Выборочное и сплошное орошение

В тех районах, где наблюдается недостаток водных ресурсов и где орошение проводят на базе вод местного стока, при так называемом малом орошении, орошают не все культуры. Чаще всего поливают кормовые, овощные, плодовые культуры и виноград. Такое орошение называют выборочным.

В зоне крупных государственных оросительных систем и гидротузлов в хозяйствах имеются возможности проводить орошение на больших территориях. Такое орошение называется 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), 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.

Из-за различия в плодородии предгорной и долинной частей земельные наделы распределяют с таким расчетом, чтобы в хозяйстве были земли различного плодородия и водообеспеченности, то есть от предгорной части земли переходили бы в долинную и пойменную часть рек.

В районах европейской территории СССР в долинах Волги, Дона, Днепра и других рек колхозы и совхозы имеют также, как правило, часть земель, расположенных на II и III террасах, то есть в степной части долины, и часть земель в пойме. В поймах рек обычно расположены луга и пастбища. Здесь применяют орошение. В степной части размещены богарные посевы зерновых и других культур.

При наличии в землепользовании непригодных сельскохозяйственных земель (пески, солонцы, солончаки, овражная сеть), мелиорация которых требует больших капиталовложений и длительного времени, применяют выборочное орошение.

С точки зрения интенсификации сельскохозяйственного производства наиболее выгодным является сплошное орошение. За счет мелиорации малопродуктивных земель, путем систематических комплексных мероприятий и дополнительных капиталовложений надо стремиться, чтобы в хозяйствах, расположенных в зоне командования крупных каналов, не было «пустующих» земель, а все земли были в той или иной мере орошаемыми, то есть высокопродуктивными.

§ 18. Стационарное и подвижное орошение сельскохозяйственных культур

Орошение в районах европейской территории СССР, особенно орошение на местном стоке в колхозах и совхозах, проводят на стационарных, то есть специально организованных для этих целей, участках или в обычных полевых или кормовых севооборотах.

Участки стационарного орошения обычно устраивают: вблизи источника орошения (река, водохранилище, озеро, артезианские скважины); на хорошо развитых, плодородных (чаще на пойменных или припойменных) землях (I—II древние террасы), обладающих благоприятными для полива рельефом и уклонами местности; на землях, не засоренных карантинными сорняками и не имеющих пятен солонцов и солончаков. В настоящее время при орошении комплексных земель включение солонцовых и солончаковых пятен допускается не более 15...20%.

На стационарном участке устраивают постоянную насосную станцию, сеть оросительных каналов и трубопроводов и необходимые гидротехнические сооружения.

Площадь стационарного участка может составлять 5...20% площади пашни. Иногда площадь стационарных участков в колхозах и совхозах устанавливают без достаточных экономических обоснований. Это приводит к тому, что такие стационарные участки получаются небольшими, они не оказывают существенного влияния на валовые сборы зерна и другой продукции; во влажные годы, когда хозяйство получает огромные валовые сборы, являются экономически невыгодными. При средней площади пашни в колхозе или совхозе 5000...6000 га площадь такого стационарного участка при 5...10% от пашни составляет 250...300 или 500...600 га. Чтобы стационарные участки орошения были экономически эффективными, надо правильно обосновывать необходимую орошаемую площадь в хозяйстве.

Подвижное орошение проводят в обычных суходольных севооборотах, то есть на больших площадях, которые занимают в полевых севооборотах 75...80%, а в кормовых — 15...25% пашни.

При подвижном орошении в зависимости от гидрометеорологических условий и наличия воды в источнике могут орошаться не все, а наиболее ценные для хозяйства культуры — кормовые, сахарная свекла, картофель, озимые и пожнивные посевы, многолетние травы.

Для орошения культур в обычных суходольных полевых или кормовых севооборотах не строят постоянную оросительную сеть, а воду на поля, в первую очередь нуждающиеся в поливах, подают из реки или водохранилищ при помощи передвижных или плавучих насосных станций и быстросборных металлических или пластмассовых трубопроводов. Озимые зерновые культуры и многолетние травы в полевых или кормовых севооборотах при подвижном орошении получают предпосевные и влагозарядковые поливы в осенний, а в южных районах — и в зимний период. Это дает возможность осенью большое количество воды из реки или водохранилища подать на орошаемые площади, создать в почве большие запасы влаги и тем самым удвоить регулирующий объем водохранилища.

Подвижное орошение с выборочным орошением сельскохозяйственных культур на больших площадях экономически более выгодно, чем на небольших стационарных участках, где орошение лишено такой маневренности из-за ограниченности территории. Особенно оно выгодно для районов европейской территории СССР, где осадки резко изменяются не только по годам, но и по периодам вегетации отдельных культур и где, как правило, засухи для зерновых не совпадают с засухами для пропашных.

Подвижное орошение в районах европейской территории СССР хорошо согласуется с самой природой этой зоны и в частности с гидрометеорологическими условиями в весенне-летний период.

Подвижное орошение на европейской территории СССР и в некоторых районах Средней Азии выгодно не только с экономической, но и с водохозяйственной точки зрения. Оно позволяет создавать регулирующие емкости в зоне крупных оросительных каналов, где в межполивный период или в период дождей образуются большие резервы воды. Участки подвижного орошения позволяют в осенний и другие периоды года использовать огромные резервы воды непосредственно на прилегающих полях без создания регулирующих водохранилищ.

В районах европейской территории СССР при орошении зерновых культур наиболее эффективны первые два полива. Пропашным культурам дают 2...3 полива, многолетним травам — 3...4. В средневлажные и тем более во влажные годы, когда зерновые культуры не требуют поливов или обходятся одним осенним влагозарядковым, а другие культуры севооборота нуждаются в небольшом числе поливов, орошение при одних и тех же затратах оросительной воды можно проводить на больших площадях, резко увеличивая тем самым урожай сельскохозяйственных культур. Подвижное орошение особенно эффективно в сочетании с осенними влагозарядковыми поливами.

Глава 5. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

§ 19. Требования, предъявляемые растениями к водному режиму почвы

Под режимом орошения понимают 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.

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 ($m^3/га$), занятой культурой.

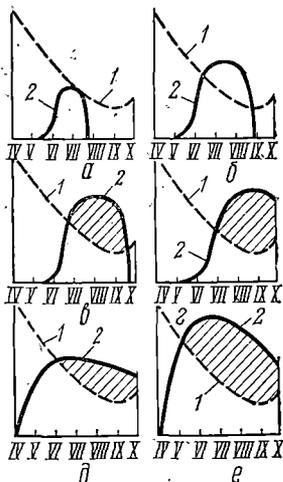
Период, в течение которого проводят полив, называют поливным, а время от начала первого полива до конца последнего — оросительным периодом. Время между смежными поливами называется межполивным периодом. Поливные и оросительные нормы определяются условиями жизни растений, почвенными, климатическими, метеорологическими и другими условиями.

Вода является одним из элементов плодородия почвы.

В период роста растения потребляют большое количество воды, из которого только 0,01...0,03% идет на создание растительных

Рис. 6. Кривые потребления воды сельскохозяйственными культурами:

a — скороспелые полевые кормовые культуры и скороспелые зерновые колосовые; *б* — позднеспелые зерновые колосовые; *в* — технические культуры; *г* — корнеплоды технического, пищевого и кормового значения; *д*, *е* — посевные многолетние травы соответственно полевой и луговой культуры; *1* — влажность почвы; *2* — кривая потребления воды.



тканей, остальная расходуется на транспирацию листьями и стеблями растений. Транспирация зависит от условий внешней среды и бывает тем больше, чем выше температура воздуха и почвы, ниже относительная и абсолютная влажность воздуха, моложе растение и больше испаряющая поверхность его вегетативных органов. С повышением плодородия почв транспирация уменьшается.

Количество воды, израсходованное растениями на единицу урожая, называется *коэффициентом водопотребления*.

Сельскохозяйственные культуры предъявляют определенные требования к водному режиму почвы. Наивысший урожай получают лишь при оптимальном запасе влаги, питания, тепла, света и др. При недостатке и излишке влаги в почве урожай культур снижается. В первом случае растения страдают от недостатка влаги и питательных веществ, во втором — от недостатка воздуха в почве.

По В. Р. Вильямсу, основным условием, определяющим потребность растений в воде, является продолжительность так называемых критических фаз развития растений. Различают четыре фазы развития растений: прорастание, кущение, цветение и созревание. В эти фазы растения наиболее чувствительны к недостатку влаги в почве, резко снижают урожай.

Для правильного установления режима орошения данной культуры надо знать ее требования к воде в различные фазы развития, при данной агротехнике, почвенных и климатических условиях.

Сельскохозяйственные культуры в разные фазы развития предъявляют неодинаковые требования к водному режиму почв. Потребность растений в воде от начала развития постепенно возрастает и в период полного развития вегетативных органов бывает наибольшей. У большинства злаковых культур наибольшая потребность в воде наблюдается в фазы кущения и колошения (А. Н. Костяков). У хлопчатника 60..70% общего водопотребления приходится на фазу цветения. В период созревания культур водопотребление сильно сокращается, и в конце созревания потребность в воде полностью прекращается (рис. 6).

Поливные, оросительные нормы и сроки полива назначают

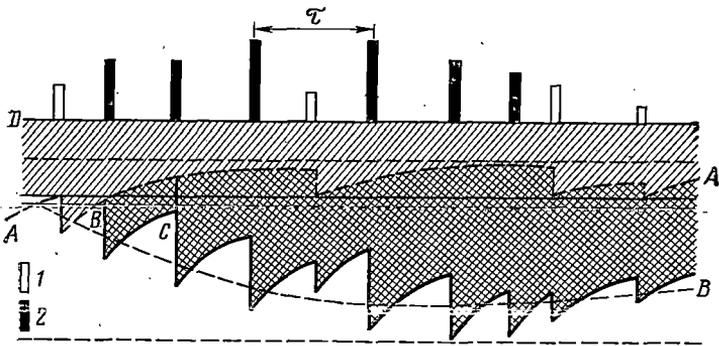


Рис. 7. Режим орошения сельскохозяйственных культур:

А — естественный режим влажности в активном (корнеобитаемом) слое почвы; В — потребный режим влажности в том же слое; С — режим влажности почвы при орошении; 1 — осадки; 2 — поливы.

так, чтобы в течение всей вегетации запасы влаги в почве находились в оптимальном количестве.

При орошении нельзя снижать влажность почвы в корнеобитаемой зоне до таких значений, когда начинается увядание (влажность завядания) растений. Влажность завядания зависит от водно-физических свойств почвы. Для супесчаных почв она равна 3...4% массы абсолютно сухой почвы, для легких суглинков — 4,5...7,5, для средних суглинков — 7,5...9,0, для тяжелых суглинков — 9...12 и для глинистых почв — 14...18%.

Для определения поливной и оросительной нормы необходимо знать потребный культур в воде по фазам их развития при запланированном высоком урожае.

Приходная часть водного баланса орошаемой территории в естественном состоянии складывается из запасов влаги в почве в весенний период и осадков, выпавших в период вегетации сельскохозяйственных растений. Запасы воды в почве в весенний период по годам меняются: они зависят от количества осенних дождей, пополнения в период зимних оттепелей, глубины снежного покрова зимой, запасов воды в снеге перед снеготаянием, глубины промерзания почвы зимой, характера снеготаяния и др.

Расходная часть водного баланса состоит из расходов влаги на транспирацию растений и на испарение с поверхности почвы. Когда приходная часть оказывается меньше расходной, недостаток воды должен пополняться поливами.

На рисунке 7 приведены режимы орошения сельскохозяйственных культур по А. Н. Костякову. Из сопоставления режима водопотребления (кривая В) и естественного водного режима (кривая А) видны периоды дефицита влаги в почве и его изменение во времени. Дефициты влаги восполняют орошением, периодическими поливами, при которых в почву дают такое количество

воды, которое в определенный (межполивной) период расходуется на транспирацию растений и испарение почвой.

Число поливов и поливные нормы зависят от запасов влаги в активном слое почвы в начале вегетационного периода. При значительных запасах влаги в почве в начале вегетации сельскохозяйственных культур число поливов и поливные нормы уменьшаются, при больших же весенних дефицитах влаги в активном слое почвы поливные нормы увеличивают.

При периодических поливах водный режим активного слоя почвы изменяется не по плавной кривой *B*, а по ступенчатой кривой *C*, которая имеет колебания, но приближается к кривой водопотребления *B*. Сразу же после полива наблюдаются максимумы влажности почвы, а в конце межполивного периода — минимумы. Следовательно, поливами вместо естественного режима влажности до орошения (кривая *A*) создается новый, более благоприятный для растений режим влажности (кривая *C*). Этот режим влажности при определенных колебаниях должен максимально приближаться к потребному для растений водному режиму почвы при данных агротехнических, почвенных и климатических условиях.

Поливы по величине и времени должны быть так установлены, чтобы режим влажности активного слоя почвы, создаваемый ими (кривая *C*), возможно равномернее и лучше приближался к требуемому (кривая *B*) и чтобы при этом верхние и нижние запасы влаги кривой *C* не превосходили допустимые для данной сельскохозяйственной культуры значения.

§ 20. Расчет оросительных норм

Наиболее распространенным методом определения суммарного водопотребления *E* является метод расчета по коэффициенту водопотребления и планируемой урожайности (по А. Н. Костякову):

$$E = UK,$$

где *U* — планируемый урожай, т/га; *K* — коэффициент водопотребления, м³/т.

Оросительную норму *M* определяют по формуле

$$M = E - \alpha P - W_r - (W_0 - W),$$

где *E* — суммарное водопотребление культуры; *P* — количество осадков за период вегетации культур, м³/га, принимается равным 75...95% расчетной обеспеченности; α — коэффициент использования осадков, он изменяется от 0,3 до 0,5 для засушливой зоны и от 0,5 до 0,7 для зон недостаточного и неустойчивого увлажнения; *W_r* — количество влаги, поступающей капиллярным путем из грунтовых вод при близком их залегании, м³/га; *W₀* — запасы влаги в активном (корнеобитаемом) слое почвы в начале вегетационного периода, м³/га; *W* — запасы влаги в активном слое почвы в конце вегетационного периода данной культуры, м³/га.

При расчете оросительных норм учитывают осадки, выпавшие за сутки, более 5 мм. Не все осадки, выпавшие на дневную по-

верхность, попадают в почву, часть их задерживается вегетативной массой растений и снова испаряется в атмосферу.

Приток капиллярной влаги W_r в активный слой почвы из грунтовых вод зависит от механического состава почв и глубины залегания грунтовых вод (табл. 11).

Таблица 11. Подпитывание активного слоя почвы грунтовыми водами, м³/га (по М. Н. Багрову)

Почвы	Глубина залегания грунтовых вод, м		
	1...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5
Супесчаные легкие	600...1000	—	—
Суглинистые легкие	700...1200	500...1000	—
Суглинистые средние	900...1500	600...1200	—
Суглинистые тяжелые	1200...2000	800...1500	400...1000
Глинистые	1500...3000	1000...2000	500...1500

При залегании грунтовых вод на глубине 3 м и более от поверхности почвы подпитывание W_r принимается равным нулю.

Коэффициент водопотребления K берут по опытным данным научно-исследовательских учреждений.

Для засушливых районов СССР В. А. Соловьев рекомендует следующие значения суммарного водопотребления и коэффициентов водопотребления для основных культур (табл. 12).

И. А. Шаров рекомендует определять суммарное водопотребление по формуле

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

где Σt — сумма среднесуточных температур за вегетационный период сельскохозяйственной культуры; l — коэффициент расхода воды на 1°С, изменяется от 1,3 до 2,7 м³/га на 1°С, в среднем может быть принят равным 2 м³/га на 1°С; B — число дней вегетационного периода.

По данным Г. К. Львова, суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур при достаточной влагообеспеченности рассчитывают по формуле

$$E = K_0\Sigma t,$$

где K_0 — расход воды, м³ на 1°С; Σt — сумма температур за период вегетации.

По данным Г. К. Львова, полученным на Кабардино-Балкарской опытной станции, расход воды на 1°С для большинства сельскохозяйственных культур колеблется от 1,75 до 1,91 м³. По данным УралНИИВХ (Н. А. Мосиенко), средний расход воды на 1°С для лука-репки и севка равен 1,8 м³, для моркови и свеклы — 1,7, для ранней капусты — 2 м³.

§.21. Расчет суммарного водопотребления по дефициту влажности воздуха

В формулах Дальтона, Е. М. Ольденона, П. С. Кузина, Р. Э. Давида, Д. И. Шашко, А. М. Алпатьева, С. М. Алпатьева, А. В. Процера и других авторов суммарный расход воды определяют по

Т а б л и ц а 12. 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 урожая У, ц/га	коэффициент водопотребления, К, м ³ /д	суммарное водопотребление Е, тыс. м ³ /га	продуктивная часть урожая У, ц/га	коэффициент водопотребления, К, м ³ /д	суммарное водопотребление Е, тыс. м ³ /га
Озимая пшеница и рожь	35...40	120...150	4,5...5,0	50...60	90...125	5,0...5,5
Яровые колосовые	25...35	140...180	4,5...5,0	35...45	110...140	5,0...5,5
Просо	30...40	120...150	4,5...5,0	45...55	90...125	5,0...5,5
Горох и фасоль	25...30	135...180	4,0...4,5	35...40	112...145	4,5...5,0
Подсолнечник	25...30	150...200	4,5...5,0	35...40	112...145	5,0...5,5
Кукуруза (зерно)	50...60	75...100	4,5...5,0	70...80	63...86	5,5...6,0
Кукуруза (силос)	500...600	7,5...10	4,5...5,0	700...800	6,3...8,6	5,5...6,0
Сорго (зерно)	40...50	90...125	4,5...5,0	50...70	80...100	5,0...6,0
Картофель	200...250	20...22	4,5...5,0	300...350	15...17	5,5...6,0
Табак	50...60	65...100	4,5...5,0	80...100	50...75	5,0...6,0
Сахарная и кормовая свекла	450...500	12...13	5,5...6,0	600...800	9...12	6,5...7,0
Свекловочные высадки	25...30	150...200	4,5...5,0	40...50	100...137	5,5...6,0
Хлопчатник	25...30	250...300	7,0...7,5	35...40	250...270	8,0...9,0
Капуста средняя	500...600	10...12	5,0...6,0	700...800	7,5...10	6,0...7,0
Огурцы	400...450	10...12	5,0...5,5	500...600	11...13	6,0...6,5
Томаты	400...450	10...12	4,5...5,0	500...600	8...12	5,0...6,0
Баклажаны и перец	400...450	10...12	4,5...5,0	500...600	8...12	5,0...6,0
Луцк на репку	300...350	12...15	4,5...5,0	400...450	11...15	5,0...6,0
Морковь	400...450	10...12,5	4,5...5,0	600...700	8...10	5,5...6,0
Свекла столовая	400...450	10...12,5	4,5...5,0	500...600	10...12	5,5...6,0
Бахча (арбузы и дыни)	350...400	12...14	4,0...5,0	500...600	10...11	5,5...6,5
Конопля (стебли)	60...80	50...75	4,0...5,0	100...120	50...60	5,5...6,0
Кенаф (стебли)	80...100	40...63	4,0...5,0	120...150	40...50	5,5...6,0
Рис (запаренные)	40...50	160...250	8,0...10,0	60...70	150...250	12,0...15,0
Люцерна (сено)	100...120	50...75	5,0...6,0	150...200	35...54	7,0...8,0
Люцерна (семена)	5...6	700...1000	4,5...5,0	8...10	600...850	6,0...7,0
Однолетние травы (суданка, мотар)	50...60	67...125	4,5...5,0	80...100	50...75	5,0...6,0
Ягодные	40...60	85...110	4,5...5,0	80...100	60...65	5,0...6,0
Плодовые	150...200	25...35	5,0...5,5	250...300	20...28	6,0...7,0
Виноград	150...200	25...35	5,0...5,5	250...300	20...28	6,0...7,0

Примечание. В очень сухие годы нормы суммарного расхода воды будут выше на 5...10%, а в годы влажные ниже на 15...20%.

коэффициенту испарения или по коэффициенту суммарного расхода воды, обозначаемому некоторыми авторами через K или α .
В формуле А. М. Алпатьева

$$K = \frac{E}{\Sigma D} \text{ откуда } E = K \Sigma D,$$

где E — суммарное водопотребление сельскохозяйственной культуры, $\text{м}^3/\text{га}$; K — коэффициент испарения. А. М. и С. М. Алпатьевы и Н. В. Данильченко называют его биоклиматическим коэффициентом. Значение его в формулах П. С. Кузина принимается равным 0,5...0,7, Д. И. Шашко — 0,5...0,6, А. М. Алпатьева — 0,65, А. В. Процерова — 0,6; ΣD — суммарный дефицит влажности воздуха за период вегетации сельскохозяйственных культур, мм.

Коэффициент K характеризует испарение воды орошаемым полем, занятым сельскохозяйственной культурой, при достаточно хорошем увлажнении почвы (не ниже 70...75% НВ). При постоянно высокой влажности почвы водопотребление культур за весь период вегетации в разных почвенно-климатических зонах приближается к испаряемости.

Этот метод в настоящее время называют биоклиматическим методом расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур. Достоинство его состоит в признании дефицита влажности воздуха основным фактором испаряемости, так как он характеризует собой совокупность действия температуры воздуха, его влажности и в какой-то степени скорости ветра.

Принятие линейной связи испарения с дефицитом влажности воздуха понижает точность расчета, так как исследования 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 65...70% НВ.

Расчетные элементы в природе весьма динамичны и довольно сильно меняются по годам, поэтому биоклиматический метод определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур нельзя считать наиболее точным из всех применяемых в настоящее время.

§ 22. Расчет поливных норм

Поливные нормы рассчитывают по формуле

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

где m — поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$; H — активный слой почвы, м; α — средняя объемная масса активного слоя почвы, $\text{т}/\text{м}^3$; γ_0 — оптимальная влажность активного слоя почв (% к массе сухой почвы), соответствующая 80...90% НВ; γ_1 — влажность активного слоя почвы (% к массе сухой почвы) перед поливом.

Поливную норму можно определить и по формуле

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

где A — скважность (пористость) активного слоя почвы, %; β_n — наименьшая влагоемкость активного слоя почвы, % от скважности; β_0 — запасы влаги перед поливом в активном слое почвы, % от скважности.

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях очень важно своевременно и качественно проводить поливы. Поливами необходимо промочить слой почвы, в котором располагается основная масса корневой системы растений. Хорошее промачивание корнеобитаемого слоя не только обеспечивает сельскохозяйственные растения в достаточном количестве водой, но и активизирует микробиологические процессы. Все это гарантирует получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Мощность промачиваемого (активного) слоя почвы для овощных культур и картофеля в начале и конце вегетации составляет 0,25...0,3 и 0,5...0,6 м, для зерновых соответственно 0,4...0,5 и 0,7...0,8 м, для многолетних трав 0,5...0,6 и 0,8...0,9 м, для сахарной свеклы 0,3...0,4 и 0,7...0,8 м. В плодоносящих садах поливами следует промачивать слой почвы 0,8...1 м.

Глубина промачивания зависит от исходной влажности почвы, ее физического состояния и количества выпавших осадков. Чем выше влажность почвы, тем быстрее проникает влага в почву, и, наоборот, при низкой влажности часть впитавшейся воды расходуется на повышение влажности почвы, насыщение ее водой до наименьшей влагоемкости, после чего влага начинает проникать вглубь.

§ 23. 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 полей севооборота, плановые задания по урожаям орошаемых культур и организацию орошаемого хозяйства.

Режим орошения в севообороте изображают в виде графика гидромодуля q . Гидромодуль q выражает собой потребный расход воды в литрах в секунду на 1 га [л/(с·га)] посева сельскохозяйственных культур орошаемого севооборота. Гидромодуль необходим для определения расчетного расхода $Q_{нт}$, гидравлического расчета оросительной сети. Расчетный расход оросительной системы $Q_{нт}$ определяют по формуле

$$Q_{нт} = qF,$$

где F — площадь орошаемого севооборота, га.

Таким образом, гидромодуль является связующим звеном водопотребления сельскохозяйственных культур севооборота (их режим орошения) с оросительной сетью, каналами и сооружениями на ней.

Гидромодуль находят по формуле

$$q = \frac{\alpha m}{8640t},$$

где α — состав культур в севообороте, %; m — поливная норма, м³/га; t — поливной период культуры, сут (расчет проводят на круглые сутки, то есть 86 400 с).

Если же поливы проводят не круглосуточно, а только, например, 16 ч в сутки, то гидромодуль и, следовательно, расчетный расход увеличиваются в 1,5 раза по сравнению с гидромодулем и расчетным расходом при круглосуточном поливе. Размеры каналов, трубопроводов и всех сооружений на оросительной сети должны быть соответственно увеличены. Продолжительность поливного периода при этом небольшая. Допустимо период полива увеличивать для яровой и озимой пшеницы и люцерны до 10...12 сут, для кукурузы до 6...12, для хлопчатника до 10...12, для овощных культур, картофеля и сахарной свеклы до 8...12 сут. При расчете режима орошения севооборота составляют таблицу, в которую по горизонтали располагают такие графы: культуры, состав их α (%); номера поливов; поливные нормы m (м³/га); оросительные нормы (м³/га); сроки полива (даты начала и окончания поливов); дату среднего дня полива; продолжительность полива (сут); межполивной период (сут); в последней графе таблицы — ординаты гидромодуля q [л/(с·га)].

По данным таблицы строят график гидромодуля. По вертикальной оси в выбранном масштабе откладывают гидромодули, по горизонтальной — периоды полива отдельных культур. При совпадении сроков полива культур ординаты гидромодуля складываются. Когда будут отложены гидромодули всех культур, то на графике получим резкое колебание ординат гидромодуля. Такой график называется неуккомплектованным.

Чтобы устранить резкие скачки ординат в графике гидромодуля и обеспечить равномерность в работе оросительной системы, график укомплектовывают. При этом надо учитывать, что в укомплектованном графике произведение ординаты гидромодуля на время полива $q_1 t_1$ должно равняться $q_2 t_2$ для того же полива в укомплектованном графике, то есть объем воды, даваемый при каждом поливе, не должен меняться при укомплектовании графика гидромодуля. Укомплектование графика проводят следующим образом: по формуле гидромодуля вычисляют поливной период данной культуры $t = \frac{\alpha m}{8640q_{\text{сп}}}$, округляя его до полных суток или 0,5 сут. В результате этого поливной период несколько изменится по сравнению с расчетным. Подставив в формулу гидромодуля округленный поливной период, найдем уточненную ординату гидромодуля q

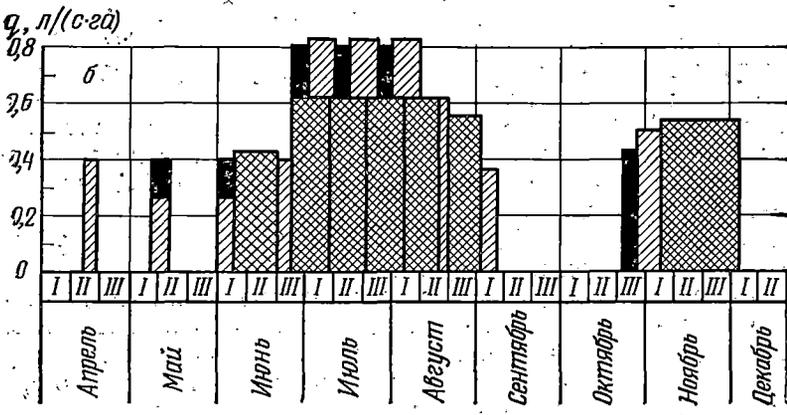
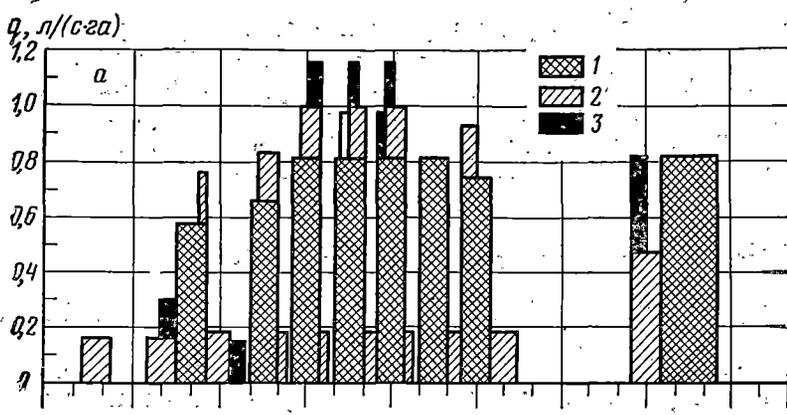


Рис. 8. График гидромодуля:
 а — неукomплектованный; б — укomплектованный; 1 — хлопчатник; 2 — люцерна; 3 — кукуруза на зерно.

для данного полива. Такие расчеты проводят для всех поливов и культур. По уточненным данным строят укomплектованный гидромодуль, в котором стремятся, чтобы одновременно поливалась одна и не более двух культур, сроки полива не должны выходить за пределы допустимых. Поливы нельзя проводить позже намеченных сроков. Начинать поливы можно не ранее чем за три дня до намеченного срока. Изменение поливного периода допустимо только за счет его сжатия.

Средний день полива можно сдвигать для зерновых культур, кукурузы, трав, овощных и технических культур на 4...5 дней, для хлопчатника на 3...4 дня, при этом нельзя допускать снижения предполивной влажности ниже минимальных запасов влаги в почве. Межполивной период может изменяться на 5...7 сут. На ри-

сунке 8 приведены графики неукomплектованного и укomплектованного гидро модуля для хлопко-люцернового севооборота.

Максимальная ордината укomплектованного графика гидро модуля (рис. 8) равна 0,83, минимальная — 0,36 л/(с·га). В зерновых, технических и овощных севооборотах средняя ордината гидро модуля обычно колеблется от 0,5 до 0,7 л/(с·га).

§ 24. Виды поливов сельскохозяйственных культур

С агро мелиоративной и организационно-хозяйственной точки зрения можно выделить следующие виды поливов:

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 жизни растений. Предпосевной полив обычно проводят небольшой нормой — 600...800 м³/га с расчетом увлажнения слоя почвы в 0,6...0,8 м. Поливы проводят по бороздам, напуском по полосам и даже многоопорными дождевальными машинами;

предпосевной влагозарядковый полив также проводят перед посевом, но с целью не только получения дружных и полных всходов, но и создания запасов влаги в более глубоких (1,5...2,0 м) слоях почвы. Предпосевной влагозарядковый полив проводят большими поливными нормами — 800...1500 м³/га 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...2,0 м для озимых и яровых колосовых, сахарной свеклы, плодовых культур и винограда влагозарядковый полив выполняют, как правило, по глубоким бороздам или напуском по полосам или чекам нормой 800...1200 м³/га;

провокационный полив дают с целью вызвать прорастание сорняков, которые уничтожают предпосевной культивацией. Провокационные поливы имеют большое значение на засоренных землях в степных районах, где из-за сухости почвы семена сорняков накапливаются и в естественных условиях не прорастают. Поливы проводят обычно осенью после уборки урожая. Вначале дают предпахотный полив с использованием существующей поливной сети, а затем после всходов сорняков проводят культивацию. Эту операцию повторяют несколько раз с применением вспашки на разную глубину. Сорняки уничтожают не только в одном верхнем, но и в более глубоких слоях почвы. Для провокационных поливов выгодно применять дождевание с промачиванием почвы на 0,25...0,3 м. В районах Средней Азии такие поливы проводят и ранневесной перед посевом;

подпитывающие поливы по существу относятся к провокационным поливам, но применительно не к сорнякам, а к культурным

растениям — зерновым, хлопчатнику, сахарной свекле и др., когда неожиданно вслед за посевом устанавливается длительная (в течение 2...3 недель) сухая погода и семена не прорастают. Если вовремя не провести полив, то наклюнувшиеся семена погибнут. Для проведения подпитывающих поливов на этих полях высевают быстро растущую, так называемую маячную культуру, по всходам которой определяют направление для нарезки борозд и проведения полива. Подпитывающие поливы удобно проводить дождевальными машинами. Дождевание применяют с целью получения дружных и полных всходов пропашных и бахчевых культур, риса и др.;

вегетационные поливы являются основными поливами сельскохозяйственных культур. Для их осуществления надо знать не только биологию сельскохозяйственных культур и сроки наступления наиболее ответственных фаз и периодов роста и развития, но и наличие влаги в почве, а также как складываются гидрометеорологические, то есть 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. Вегетационные поливы проводят различными способами: по бороздам, напуском, затоплением и дождеванием. Поливные нормы колеблются от 400...600 до 1000...1200 м³/га.

По физиологическому значению вегетационные поливы могут быть увлажнительными с целью поддержания в активном слое определенной влажности почвы (70...80% НВ) и освежительными, когда поливы дают небольшой нормой — 50...100 м³/га, главным образом при дождевании с целью повышения влажности приземного слоя почвы, охлаждения листьев, предохранения их от загрязнения (удаление пыли, остатков удобрений с поверхности листьев и др.), а следовательно, улучшения ассимиляции и фотосинтеза растений.

Освежительные поливы нормой 50...100 м³/га особенно эффективны для большинства культур (овощные, чай, картофель, свекла и др.) при атмосферной засухе, когда в связи с перегревом листьев задерживаются процессы ассимиляции:

промывные поливы проводят, как правило, в осенний или осенне-зимний периоды с целью удаления из почвогрунтов в дренажную сеть избытка водорастворимых солей. Промывные поливы выполняют большими нормами — 4...6 тыс. м³/га и более с целью капитальной промывки почвы или сравнительно небольшими нормами в профилактических или эксплуатационных целях. Капитальную промывку проводят обычно 1...2 раза за ротацию севооборота, профилактическую — через 1...2 года. Ее проводят обычно осенью в виде влагозарядкового полива повышенной нормой — 2,2...5 тыс. м³/га напуском по полосам или чекам.

§ 25. Сроки полива отдельных культур

Для отдельных сельскохозяйственных культур в зависимости от района и влажности года сроки и число поливов колеблются в значительных пределах. Применительно к ответственным фазам роста и развития сельскохозяйственных культур ориентировочно можно рекомендовать следующее число поливов:

озимые (пшеница, рожь, ячмень): число поливов в зависимости от условий года 2...4 в фазы начала трубкования, колошения и налива зерна;

нут, фасоль, чина: число поливов 3...4 в фазы до ветвления, появления ветвей, начала цветения, массового завязывания бобов и созревания;

арахис и клецвина, кунжут: число поливов 3...5 в фазы после прорывки или проверки, до образования бутонов и начала ветвления, образования ветвей; начала бутонизации, цветения и созревания за 20...30 дней до уборки;

рис (при периодическом орошении): число поливов 10...12 в фазы до кущения, кущения, начала трубкования, трубкования, перед выбрасыванием метелки, выбрасывания метелки, цветения, завязывания пяточки зерна, начала налива зерна и молочной и восковой спелости;

хлопчатник: полив проводят в три фазы развития растений (до начала цветения, цветение — массовое плодообразование и созревание). Наибольшее водопотребление у хлопчатника наблюдается во вторую фазу. При недостатке влаги в почве в фазу цветение — плодообразование происходит опадение завязей, сохранившиеся плоды бывают мелкими, волокно получается низкого качества.

Схема полива хлопчатника 2—4—1. Первая цифра показывает, сколько поливов надо дать до цветения, вторая — в фазу цветение — плодообразование, третья — в фазу созревания, то есть после раскрытия коробочек.

В период до цветения влажность корнеобитаемого слоя почвы поддерживают не ниже 65% НВ, в фазу цветение — плодообразование — не ниже 75%, а после начала раскрытия коробочек — 60% НВ.

На сероземах при глубоком залегании грунтовых вод в первую фазу развития дают 1...2 полива, во вторую — 4...6 и в третью — 1...2. На легких супесчаных почвах с прослойкой гальки и песка дают соответственно 2...3, 5...6 и 2...3 полива. На луговых почвах с близким залеганием грунтовых вод иногда до цветения хлопчатник не поливают, а в фазу цветение — плодообразование дают 2...4 полива; в фазу созревания хлопчатник поливают один раз или совсем не поливают (Д. В. Ярмизин);

яровая пшеница, овес, ячмень, просо: число поливов 3...4 в фазы начала кущения, трубкования, колошения или выметывания, начала налива зерна. В сухую осень дают влагозарядковый полив;

горох и горчица: число поливов 3...5 в фазы перед ветвлением, появления ветвей, перед образованием бутонов, начала цветения, массового завязывания бобов;

кукуруза: особенно чувствительна к недостатку влаги в почве за 10...15 дней до выметывания метелок и в фазу молочной спелости зерна. Недостаток влаги в почве в эти фазы развития кукурузы приводит к значительному снижению урожая.

Режим орошения кукурузы зависит от природных условий зоны. В полупустынных районах страны, где годовое количество осадков менее 250 мм, поливы составляют 80% суммарного водопотребления культуры. В степных районах с годовым количеством осадков 325...450 мм на долю орошения приходится около 60%, в лесостепных районах, где осадков выпадает 475...550 мм в год, — не более 25...30% водопотребления.

В различных зонах в зависимости от степени увлажнения почв число поливов кукурузы колеблется от 2 до 6;

подсолнечник: наиболее чувствителен к недостатку влаги за две недели до цветения, в фазу цветения и 2...3 недели после цветения.

По данным Д. В. Ярмизина, подсолнечник от всходов до образования корзинок расходует 20...30% суммарного водопотребления, в фазы образования корзинок и цветения — 40...50 и в последующий период — 20...30%.

Для подсолнечника дают 2...3 полива: первый в фазу 5...6 пар листьев; второй в фазу образования корзинок — цветение и третий в засушливые годы, в фазу начала налива зерна;

сахарная и кормовая свекла и другие корнеплоды: число поливов 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) дают 3...4 полива;

свекловичные высадки: число поливов 4...5 в фазы после высадки корней, образования листьев, начала стеблевания, цветения, образования клубочков;

картофель весенней и летней посадки: число поливов 3...5 в фазы до бутонизации, бутонизация — начало цветения, после цветения, максимального роста клубня. При летней посадке предпосадочный — влагозарядковый полив*;

капуста, томаты, баклажаны, огурцы: число поливов 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

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

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, могоар, суданка): число поливов 3...4 в фазы до начала ветвления или кущения, появления ветвей и начала трубкования, начала цветения или выметывания, начала созревания. Для вторичного отрастания дают послеубоковый полив;

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

люцерна и другие многолетние травы 1-го года жизни при покровном посеве: число поливов после уборки покровного растения 2...3, первый полив тотчас 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 жизни при пожнивном посеве: число поливов 3...4 в фазы и периоды после укоренения и образования листовой розетки, до появления бутонов, после первого укоса или стравливания, он же влагозарядковый;

люцерна и другие многолетние травы 2-го и 3-го года жизни на сено: число поливов 6...8 в фазы весеннего отрастания, после первого укоса, между первым и вторым укосом, после второго укоса, между вторым и третьим укосом, после третьего укоса, между третьим и четвертым укосом, 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 фазы для полива 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: число поливов 3...5 в фазы после цветения и образования завязи, после формирования завязи и ее опадения, усиленного роста плодов и ягод, формирования цветковых почек, налива плодов и ягод. Для южных районов подзимний влагозарядковый полив. При отсутствии осеннего полива желателен весенний в период до цветения. Для столовых сортов винограда дают поливов больше, чем для винных.

Полив по влажности почвы заключается в том, что в расчетном слое почвы 1,0...1,2 м поддерживают определенную влажность

(% НВ). Для создания необходимых объемов усвояемой влаги в почве надо знать не только влажность, но и расчетную глубину увлажнения. Расчетный слой увлажнения почвы в период вегетации сельскохозяйственных культур может быть переменным и постоянным. Переменный слой увлажнения почвы, а следовательно, запасы влаги в нем при влажности почвы не ниже 70...75% НВ могут быть установлены по тепловой или биофизической кривой, так как при оптимальном увлажнении почвы накопление биомассы, а в известной мере и развитие корневой системы подчиняются энергетическим факторам. При постоянном слое увлажнения почвы эта глубина зависит от сельскохозяйственной культуры и способа полива. Например, при дождевании глубину слоя увлажнения принимают меньше 0,5...0,6 м; при напуске по полосам — 1,0...1,50 м, при затоплении по чекам — 1,0...1,5 м и более.

Глава 6. ИСТОЧНИКИ ОРОШЕНИЯ И ОБВОДНЕНИЯ

§ 26. Поверхностные водные источники

Основными источниками орошения, обводнения пастбищ и водоснабжения городов, поселков и животноводческих ферм являются реки, озера и крупные водохранилища. По источникам пресной воды водные ресурсы страны распределяются следующим образом: реки — 4383 км³, озера — 23,2 тыс. м³, пресные озера Сибири и Якутии — 21,7 тыс. км³, озера Северо-Западного района европейской территории СССР — 1,3 тыс. км³, ледники — 20,5 тыс. км³.

На территории СССР в горных ледниках содержится 2,8 тыс. км³ льда, в которых аккумулируется 2,4 тыс. км³ воды.

Территорию нашей страны пересекают крупные водные артерии: на европейской территории СССР — это Волга, Дунай, Днестр, Днепр, Дон, Кура, Урал, Кубань и др., в Средней Азии — Амударья, Сырдарья, Вахш, Или и др., в Сибири и на Дальнем Востоке — Обь, Иртыш, Енисей, Лена, Зея, Амур и др.

Часть вековых (несрабатываемых) запасов воды в замкнутых непроточных пресных озерах может быть использована для хозяйственных целей за счет понижения среднего уровня.

Помимо поверхностных вод, основным источником сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения являются подземные воды.

§ 27. Подземные воды

Подземные воды в нашей стране используют для питьевого и технического водоснабжения, водопоя скота, орошения земель, в бальнеологических целях, а также для получения ценного химического сырья и тепловой энергии. За счет подземных вод сельские потребители используют до 90...95% всей расходуемой воды. При использовании подземных вод не надо строить водохранили-

ще; обводнительные каналы и сложные водоочистные сооружения, так как эти воды не содержат примесей, а скважины для забора подземных вод могут быть заложены вблизи объекта водоснабжения: завода, поселка, животноводческой фермы и непосредственно на территории орошаемого участка, причем вода может быть получена в необходимом количестве и высокого качества. В основе происхождения подземных вод лежат осадки и частично конденсация водяных паров: туман, роса, дождь, снег и др. Благодаря инфильтрации осадков и конденсации водяных паров вода проникает в поры почвы и подстилающие грунты. Подземные воды, заполняя поры горных пород, образуют водоносные пласты. Водоносный пласт, по которому движутся подземные воды, подстилается водоупорным ложем, или водоупором. Пласты породы, перекрывающие водоносный пласт, называются кровлей подземных вод. По характеру водоносных пластов в гидрогеологическом отношении различают подземные грунтовые воды и подземные водотоки.

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

Подземные водотоки образуются 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 не в виде грунтового потока, а в виде подземного водоема, содержащего в порах запас неподвижной воды, пополняемый различными путями: осадками, фильтрационными водами горных пород и т. д. Как и водоносный пласт, грунтовый бассейн подстилается водоупорным слоем. В отличие от пластовых подземных вод свободная, или напорная, поверхность грунтового бассейна всегда горизонтальна. Грунтовые бассейны залегают на различной глубине от поверхности. В период выпадения осадков или таяния ледников вода, профильтровавшаяся через обломочные отложения горных и других пород, проникает в пласты пористых грунтов, которые залегают на чащеобразном водоупоре. Такие грунтовые бассейны пресной воды открыты в Сарпинской низменности, в Алтайском и Целиноградском краях. В последние годы обнаружены бассейны пресной воды в районе Алма-Аты.

§ 28. Использование коллекторно-дренажных и морских вод для орошения

С ростом орошаемых площадей в нашей стране и за рубежом с каждым годом все острее ощущается недостаток в оросительной пресной воде. В связи с этим остро встает вопрос о поисках новых источников орошения. Одним из возможных таких источников яв-

ляются минерализованные дренажные, подземные и даже морские воды.

Объем дренажных вод, поступающих через коллекторную сеть, только в Узбекистане исчисляется миллионами кубических метров.

Дренажные минерализованные воды, кроме минерального питания, содержат полезные для растений микроэлементы, количество которых в 2,4...4,5 раза больше, чем в речной воде. Помимо минерализованных дренажных вод, в районах рисосеяния (Краснодарский край, юг Украины, Узбекистан, Астраханская область, Казахстан) имеется возможность повторного использования сбросных вод с рисовых полей для орошения многолетних трав и других культур. Однако повторное использование воды с рисовых полей возможно при минерализации их не более 5...6 г/л.

Наиболее вредными для растений являются некоторые соли натрия (сода) и хлористые соединения.

При неблагоприятном соотношении в оросительной воде ионов Cl^- и SO_4^{2-} и Na^+ и Ca^{2+} увеличивается опасность засоления почвы. Признаки солонцеватости почвы проявляются при соотношении $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = 3 : 1$, а в некоторых случаях $\text{Na}^+ : \text{Ca}^{2+} = 2 : 1$.

Для орошения можно использовать воду повышенной минерализации при наличии дренажа на орошаемых землях и повышенных оросительных нормах, обеспечивающих промывной режим.

Минерализованные воды можно использовать для промывки солончаков с одновременным возделыванием риса. Для промывки солончаков И. С. Рабочев рекомендует в первый год использовать воды с минерализацией до 6 г/л с последующим переходом на воды с меньшей минерализацией. При этом урожай сельскохозяйственных культур, орошаемых минерализованными водами, близок к урожаям этих культур при орошении пресной водой.

В условиях Северной Мугани при влагозарядке арычной водой и вегетационных поливах дренажной водой, содержащей 5,33 г/л солей, из которых 1,77 г/л хлора, в течение восьми лет произошло некоторое накопление солей в почве, но урожай возделываемых культур при таком режиме орошения были устойчивы по годам и близки к урожаям культур, орошаемых арычной водой (Г. М. Гусейнов).

Однако при длительном орошении минерализованными водами возможно засоление почв. Поэтому при орошении культур минерализованными (5...10 мг/л) водами следят за содержанием солей в почве. При хлоридном типе засоления (NaCl , MgCl_2) содержание солей в слое почвы 1,0 м не должно превышать 0,3...0,6%, при сульфатно-натриевом и магниевом (Na_2SO_4 , MgSO_4) — не более 1,0...1,3%.

Количество минерализованной оросительной воды, допустимой для орошения без дренажа, может быть определено 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, ‰; ρ — содержание этой соли в почве, ‰; h — промачиваемый слой почвы, м; α — объемная масса почвы.

Время t , когда почва подойдет к опасному пределу содержания солей в ней и потребуется устройство дренажа и промывка, составит:

$$t = H/M,$$

где M — оросительная норма, м.

Полив на участках, опасных в отношении засоления, должен проводиться поливной нормой на 25...30% выше водоудерживающей способности почвы. Поэтому при наличии дренажа время, когда почва подойдет к опасному пределу засоления, с введением коэффициента дренажного стока K_d можно определить по формуле

$$t_{\text{пр}} = t/(1 - K_d),$$

где $t_{\text{пр}}$ — срок наступления предельного засоления почв и необходимость проведения промывки; t — тот же срок без дренажных устройств; K_d — коэффициент дренажного стока, равный 0,2...0,4.

Пример. Объемная масса почвы $\alpha = 1,3$, допустимое содержание $P = 0,25$ ‰, $\rho = 0,15$ ‰. Требуется определить время, когда почва подойдет к опасному пределу 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, а также в Индии, Испании, Италии, Швеции, США и др., свидетельствуют о возможности использования морской воды для орошения различных сельскохозяйственных культур.

Средняя минерализация воды Азовского моря 12,4 г/л, Каспийского моря 12,8, Аральского моря 7,8, Черного моря 18,6 г/л. Средняя минерализация воды океана составляет 34,4 г/л.

Соленость морской воды вблизи устьев впадающих в моря рек понижается из-за притока в моря речных вод. Так, воды в Таганрогском заливе становятся почти пресными, в Каспийском море, вблизи устья Волги, минерализация воды не превышает 1 г/л, а в южной части моря достигает 12...14 г/л.

В состав растворенных солей морской воды входят ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , Br^- , SO_4^{2-} и CO_3^{2-} . Состав ионов этих солей и обуславливает соленость морской воды. В морской воде преобладают анионы хлора (до 80%) и катионы натрия. До недавнего времени эти ионы расценивались только как токсичные. В настоящее время доказано, что хлор и натрий участвуют в процессе ме-

таболизма. Урожай многих сельскохозяйственных культур снижаются при отсутствии в питательных растворах хлора (О. Г. Грамматикати). Хлор играет большую роль при восстановлении активности хлорофилла растений. Катион натрия играет большую роль при развитии растений как микроэлемент.

Опыты, в которых изучалось прямое влияние морской воды на растения, позволили установить довольно высокую устойчивость многих сельскохозяйственных культур к высоким концентрациям солей в морской воде.

Морскую воду можно использовать для орошения плодовых культур, лесных полос, декоративных древесных и кустарниковых насаждений в прибрежных морских зонах.

Вдоль берегов Каспийского моря морской водой можно оросить около 350 тыс. га бесплодных пустынных, сильно засоленных прибрежных земель. В Дагестане, в прибрежной части Каспийского моря, при орошении морской водой можно в несколько раз повысить урожай многолетних трав и озимых зерновых культур.

В нашей стране и за рубежом орошение сельскохозяйственных культур морской водой проводили чаще всего на песчаных почвах. На песчаных почвах следует возделывать крупносеменные растения, развивающие мощную корневую систему (О. Г. Грамматикати). Для мелкосеменных растений на подвижных песках создается опасность засыпания всходов. Для этих культур пригодны наименее подвижные пески. На прибрежных песках при поливе морской водой могут произрастать декоративные древесные насаждения и кустарники, акация белая, лох, тамарикс, сосна эльдарская и гранат.

В песчаных почвах при промывном режиме полива морской водой не накапливается много солей, как это бывает на почвах, более тяжелых по механическому составу. Кроме того, пески довольно хорошо промываются осадками холодного периода года, поэтому орошение морской водой на песчаных почвах не требует каких-либо дополнительных мер для их промывки.

Имеется также положительный опыт орошения морской водой сельскохозяйственных культур на суглинистых и среднесуглинистых почвах. Содержащиеся в морской воде микроэлементы сильно снижают вредное действие натрия (Na^+) на водно-физические свойства этих почв. Концентрация натрия и хлора в корнеобитаемом слое почвы снижается промывными поливами морской водой.

Глава 7. МЕСТНЫЙ СТОК И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

§ 29. Устройство прудов и водохранилищ

Местным стоком называется сток талых или ливневых вод временных водотоков или овражно-балочной сети. Это огромный резерв пресной воды в нашей стране, который можно использовать для орошения.

Опыт передовых колхозов и совхозов, расположенных в засушливой зоне, свидетельствует об огромном народнохозяйственном значении применения для целей орошения вод местного стока.

Большой опыт орошения на базе местного стока имеется в Центрально-черноземной зоне. Водами местного стока здесь орошают около 300 тыс. га. Местный сток является базой широкого развития лиманного орошения в Казахстане и Поволжье. Борьба за улучшение водного режима земель лесостепных и особенно степных районов связана не только с организацией прудов и водоемов, но и с проведением агромерелиоративных мероприятий по задержанию и использованию вод местного стока.

При использовании вод местного стока для орошения строят пруды и водохранилища в глубоких балках.

Выбор места для устройства пруда или водохранилища. При выборе места под пруд или водохранилище надо иметь необходимый топографический или гидрогеологический материал:

план балки или реки в горизонталях. На нем намечают устройство плотины, 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...20 лет и более) по поверхностному стоку применительно к балке или реке, где будут строить водохранилище;

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

При выборе места под пруд или водохранилище учитывают следующие основные требования:

балка или русло небольшой реки, где намечают строить водохранилище, должны иметь достаточную глубину — по санитарным условиям не менее 5...6 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 вода из водохранилища не затопила прилегающие земли; а в случае необходимости обвалования от затопления пойменных и других земель объем этих работ был бы незначительным. Уклон балки должен быть в пределах 0,005...0,006 и не более 0,01. Малые уклоны нехороши тем, что для создания необходимой глубины надо иметь высокую плотину, что может привести к подтоплению земель. При большой длине балки и выраженном уклоне устраивают не одно, а несколько, то есть каскад, водохранилищ;

водохранилище устраивают как можно ближе к территории орошаемого участка. Во избежание загрязнения его строят, как правило, выше населенного пункта;

дно и откосы балки должны быть сложены маловодопроницаемыми грунтами, то есть однородными суглинками толщиной не менее 1,5...2,0 м, подстилающимися на глубине 3...4 м глинами или тяжелыми суглинками. Нельзя строить водохранилища на песках и близко залегающих от поверхности трещиноватых породах (мел, известь, мергель, опока) без близкого и мощного водопора. Если пески и другие водопроницаемые породы имеют небольшую толщину, а на глубине 2...3 м подстилается водоупором, то строительство водохранилища возможно при устройстве замка или забивке в тело плотины шпунтового ряда;

для проверки пригодности балки и русла реки под устройство плотины необходимо иметь предварительные сведения о гидрогеологическом строении их. 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;

балка или русло реки в целях создания большего объема водохранилища должны быть широкими, а место, где будет сооружаться плотина, — узким и глубоким, чтобы на 1 м³ земляных работ получить большой объем задержанной воды. Считается экономически эффективным, если на 1 м³ земляных работ по устройству плотины приходится 15...20 м³ воды. Объем водохранилища увеличивается, если балка, где сооружают водоем, будет иметь разветвления. Однако если в верховьях балки и ее боковых ответвлениях есть действующие овраги, то во избежание быстрого заиливания водохранилища их можно включать в чашу водохранилища только после соответствующего закрепления;

в створе намечаемой плотины не должно быть действующих ключей и родников, так как они могут привести к разрушению тела плотины, однако наличие тех же ключей и родников холодной воды в ложе водохранилища (вдоль уреза воды) полезно, так как они обеспечивают приток свежей воды. Для лучшего действия ключей и родников места их выклинивания не должны затопливаться большим слоем воды;

при выборе места под плотину надо учитывать удобное место для устройства водосбросного сооружения (земляной канал, железобетонные трубы или перепад). С этой целью створ плотины следует выбирать в таком месте, чтобы сбоку ее, в материковой части, проходила пологая балка — лощина или небольшой рукав реки, которые можно было бы использовать для устройства водосбросных сооружений. Если таких мест обнаружить не удастся, то водосбросной канал устраивают в обвод плотины, а грунт, вынимаемый при этом, идет в насыпку тела плотины.

§ 30. Расчет необходимого объема пруда

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

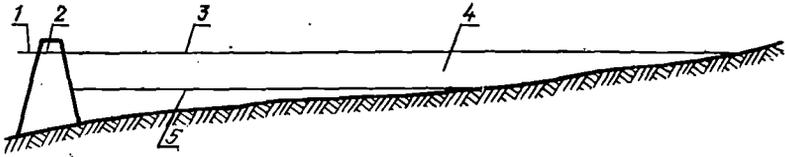


Рис. 9. Продольный разрез по оси пруда:

1 — дно водосброса; 2 — гребень плотины; 3 — НПУ; 4 — полезный объем пруда; 5 — уровень мертвого объема.

Полный объем пруда состоит из полезного и мертвого объемов. Полезный объем пруда, в свою очередь, складывается из полезной водоотдачи и потерь воды на испарение и фильтрацию (рис. 9).

Объем воды ($V_{ор}$), необходимый для орошения, вычисляют по формуле

$$V_{ор} = \omega M_{ср} / \eta,$$

где $M_{ср}$ — средняя оросительная норма орошаемого севооборота, $m^3/га$; ω — орошаемая площадь нетто, га; η — к.п.д. оросительной системы, для открытых систем равный 0,6...0,7, для закрытых — 0,8...0,9.

Объем воды для водоснабжения ($V_{вод}$) всех потребителей (животных, машин, предприятий и др.) рассчитывают по нормам водопотребления и определяют по формуле

$$V_{вод} = \Sigma nqT / 1000,$$

где $V_{вод}$ — объем воды, необходимый для водоснабжения, m^3 ; 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), называется полезной водоотдачей пруда.

$$V_{п.в} = V_{др} + V_{в}.$$

Зная полезную водоотдачу пруда, можно вычислить полезный его объем $V_{пол}$.

$$V_{пол} = V_{п.в} + V_{пот},$$

где $V_{п.в}$ — полезная водоотдача пруда; $V_{пот}$ — потери воды на испарение и фильтрацию.

Следовательно, полезный объем пруда включает объемы полезной водоотдачи, объем потерь на испарение с водной поверхности пруда и фильтрацию в почвогрунт ложа пруда. Потери воды на испарение и фильтрацию определяют отдельно.

Для определения потерь на испарение с водной поверхности, то есть испаряемость, пользуются формулами Б. В. Полякова, В. К. Давыдова или Н. Н. Иванова и др., специальными картами изолиний годового испарения. В этом случае годовое испарение умножают на среднюю площадь водной поверхности водохрани-

лица. 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.

Зарастание водоемов растительностью приводит к резкому увеличению потерь воды с водной поверхности пруда на испарение и уменьшению его полезного объема.

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

Полный объем пруда $V_{полн}$ складывается из полезного $V_{пол}$ и мертвого $V_{м.о}$ объемов.

$$V_{полн} = V_{пол} + V_{м.о}$$

Мертвый объем пруда не используется для хозяйственных нужд, а назначается по условиям заиления. Его рассчитывают, исходя из условий создания необходимого объема для заиления водохранилища. При установлении объема, необходимого для заиления водохранилища, исходят из того, что допустимый срок очистки водохранилища должен быть не менее 30...35 лет. Чтобы подсчитать объем заиления, надо знать ежегодный приток воды и количество взвешенных частиц в 1 м^3 воды.

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

где V_x — ежегодный приток воды расчетной обеспеченности, м^3 ; ψ — количество взвешенных частиц, $\text{кг}/\text{м}^3$ или $\text{т}/\text{м}^3$; α — коэффициент пористости наносов.

Откладывая объем заиления на графике (рис. 10), можно определить высоту слоя заиления, а следовательно, и отметку уровня воды при мертвом объеме.

К хозяйственным требованиям относится оставление необходимого объема воды в виде санитарной нормы глубиной 1,5...2,0 м. Кроме того, в водохранилище разводят рыбу и водоплавающую птицу. В этом случае имеет значение не только глубина мертвого объема ($V_{м.о}$), но и площадь зеркала воды при мертвом объеме ($F_{м.о}$), так как зарыбление проводят из расчета получения 150...250 кг рыбы или такого же количества утиного мяса с 1 га площади зеркала водохранилища. Для перезимовки рыбы необходимо иметь слой воды не менее 1 м. Кроме того, учитывают толщину льда около 1 м. Общая глубина мертвого объема ($h_{м.о}$) по хозяйственным соображениям должна быть в пределах 2...3 м.

При заборе воды из пруда для орошения самотеком объем воды, лежащий выше мертвого объема, выводят по трубе, уложенной в теле плотины, и далее по открытому оросительному каналу к наивысшей точке орошаемого участка. Для пропуска воды через трубу надо иметь напор воды над центром трубы $h=0,2...$

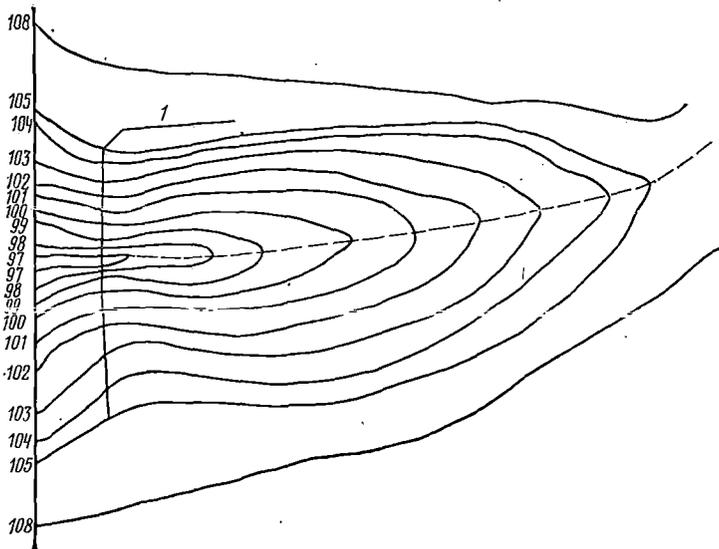


Рис. 11. Топографический план балки:
1 — ось плотины.

0,3 м. Оросительный канал должен иметь уклон i от 0,003 до 0,006, при длине канала l падение (превышение конца трубы над наивысшей точкой орошаемого участка) равно li . Следовательно, если отметка наивысшей точки орошаемого участка A , то отметка уровня мертвого объема должна быть $A_{м.о} = A + h + li$. Наибольшую глубину воды при мертвом объеме пруда вычисляют по выражению

$$h_{м.о} = A + h + Li - A_0,$$

где A_0 — отметка самой глубокой точки пруда.

Объем чаши пруда или водохранилища определяют по плану балки в горизонталях (рис. 11). На плане планиметром измеряют площадь, ограниченную горизонталями, начиная с нижней горизонтали 98. Самая нижняя отметка чаши пруда 97, поэтому самый нижний объем определяют по формуле

$$V = \frac{1}{3} h F_1,$$

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

Для остальных вышерасположенных слоев воды пруда объем подсчитывают по формуле

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

После подсчета объема чаши пруда по отдельным слоям последовательным их суммированием подсчитывают объемы чаши от горизонтали 97 до *n*-й. Результаты вычислений сводят в таблицу 13.

По данным таблицы 13 вычерчивают топографические кривые водохранилища, характеризующие изменение площади водного зеркала и объема чаши пруда при его наполнении от горизонтали 97 до 106 (см. рис. 10).

Топографические кривые пруда нужны не только для гидрологических расчетов, но и для последующей хозяйственной эксплуатации пруда, так как по глубине стояния воды в водохранилище можно быстро определить объем воды, находящийся в нем, площадь водного зеркала, а следовательно, и потери воды на испарение и фильтрацию в грунт.

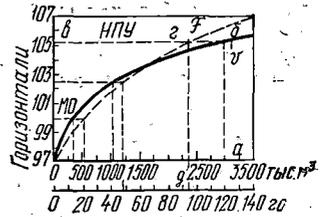


Рис. 10. Топографические кривые водохранилища.

Таблица 13. Данные для построения топографических кривых водохранилища

Горизонталь	Площадь, га	Объем, тыс. м³	Объем чаши до данной горизонтали, тыс. м³	Горизонталь	Площадь, га	Объем, тыс. м³	Объем чаши до данной горизонтали, тыс. м³
97	0	75		102	42,5	325	875
98	6,0	100	75	103	55,0	475	1350
99	12,5	150	175	104	70,0	600	1950
100	20,0	225	325	105	87,5	875	2825
101	30,0	325	550	106	110,0	1175	4000

Предположим, что необходимый полный объем пруда для данного хозяйства равен 3 млн. м³. На горизонтальной шкале объемов находим соответствующее значение в точке *а* проведением линии *ab* до пересечения с кривой объемов и линии *bg* до оси ординат, определяем, что объем воды в 3 млн. м³ заполняет чашу пруда до горизонтали 105,15. Проведением линии *bg* до пересечения с кривой площадей и линии *gd* до шкалы абсцисс находим, что при объеме 3 млн. м³ пруд имеет площадь водного зеркала 92 га.

Мертвый объем пруда в 310 тыс. м³ занимает нижнюю часть пруда до горизонтали 100, имеет площадь водного зеркала 21 га. Уровень воды в пруду будет колебаться от отметки 105,15 до 100. Средняя площадь водного зеркала пруда равна 56 га, отметка 103,6. Между отметками 100 и 105,6 заключен полезный объем воды пруда, равный 2,69 млн. м³. Часть этого объема теряется на испарение и инфильтрацию в дно и берега пруда.

Если нет плана балки в горизонталях, то приближенно объем воды в пруде определяют по формуле:

$$V = K H b E,$$

де Казацкой равна 66 км² и сток 75%-ной обеспеченности равен 34 мм, то объем стока при названной обеспеченности составит $W = 1000 \cdot 66 \cdot 34 = 2244$ тыс. м³.

§ 32. Типы и конструкции плотин

Различают три вида плотин: водозадерживающие, водосливные и водозаборные.

Назначение водозадерживающих плотин — задерживать талые и речные воды с целью накопления в водохранилище необходимого объема воды. Поэтому водозадерживающая плотина имеет высоту на 1...2 м больше, чем уровень воды в водохранилище. Плотины подобного назначения могут быть земляными, камне-земляными, каменабросными, железобетонными и др. Для устройства земляных плотин обычно используют легкие и средние суглинки с соотношением глины к песку от 1:1 до 1:2. Чистая глина непригодна для насыпки тела плотины, так как при высыхании в ней образуются трещины, а при морозах выпучивания, что может привести к разрушению плотины. Нельзя насыпать плотину из песка, так как она будет плохо держать воду. Истый грунт, торф и верхний слой чернозема нежелательны для устройства плотины.

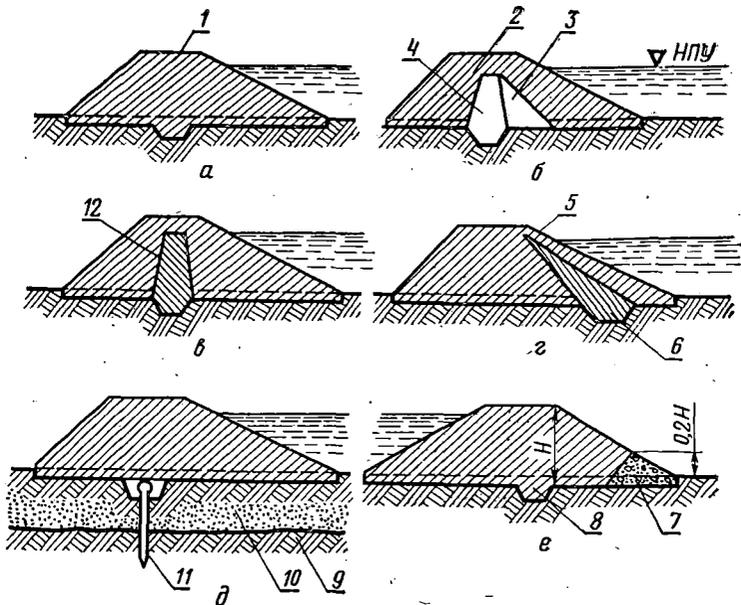


Рис. 14. Типы земляных плотин:

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 — сушь; 3 — суглинок; 4 — глина; 5 — песчаный грунт; 6 — глиняный зуб; 7 — песчано-гравелистая обсыпка (дренаж); 8 — замок; 9 — водоупорный слой; 10 — песок; 11 — шпунтовый ряд; 12 — ядро.

Водосливные плотины обычно устраивают с целью поднятия уровня воды в реке до отметки, необходимой для самотечного забора воды оросительным каналом, или отметки, необходимой для забора воды насосной станцией. У водосливной плотины высота гребня ниже слоя воды в реке. В водном транспорте такие водосливные плотины «баражи» устраивают с целью создания подпора воды, необходимого для затопления каменных порогов, отелей и перекатов для улучшения судоходства. Так как водосливная плотина задерживает небольшой слой воды, а больше сбрасывает через гребень в нижний бьеф, то ее строят, как правило, из железобетона.

Для задержания вод местного стока наиболее распространены земляные плотины. Они бывают двух типов: простые, или однородные, когда их устраивают на водонепроницаемом основании, а тело насыпают из маловодопроницаемого грунта (суглинков), и неоднородные, или сложные, у которых основание состоит из водопроницаемых пород (песок, известняки, мергель), а на глубине 2...3 м и более залегает водоупорный грунт, тело плотины насыпают из относительно водопроницаемого материала (супесь, легкие пылеватые суглинки). Чтобы вода не прошла под основание плотины и через ее тело, дополнительно устраивают замок и ядро или же экран из мятой глины. Типы плотин показаны на рисунке 14.

§ 33. Основные элементы земляной плотины

Для определения проектной *высоты плотины* надо знать отметку гребня ($A_{гп}$) и основания плотины (A_0). Чтобы получить строительную высоту плотины, надо проектную высоту с учетом разрыхления грунта увеличить на 5...10%.

$$H_{пр} = A_{гп} - A_0; \quad H_{стр} = H_{пр} \left(1 + \frac{h_{ос}^T}{100} \right).$$

Отметку гребня плотины определяют по выражению

$$A_{гп} = A_{нпу} + d; \quad d = h + h_k + h_b,$$

где $A_{нпу}$ — отметка нормального проектного или подпорного уровня воды в водохранилище; d — запас по высоте плотины от уровня воды $A_{нпу}$ до гребня плотины $A_{гп}$; h — слой воды на водосбросном сооружении в период прохождения паводковых и ливневых вод, $h = 0,5 \dots 1,0$ м; h_k — высота капиллярного смачивания гребня плотины, для суглинистых грунтов 0,7...0,8 м; h_b — высота волны вдоль водохранилища, м; $h_{ос}$ — осадка грунта, равная 5...10% проектной высоты плотины.

Высота волны зависит от длины водохранилища и его облесенности. Чем больше протяженность водохранилища, тем при прочих равных условиях выше волна и сильнее ее разрушительная сила.

Высоту волны определяют по формуле Е. А. Замарина

$$h_w = 0,7 - 0,1L,$$

где L — длина разгона волны, км.

Гребень плотины — это самая высокая часть плотины. Ширину гребня v обычно берут с учетом ее высоты и движения транспортных средств. Даже если через плотину не будет автомобильного движения, то для ее устойчивости ширину гребня в зависимости от высоты плотины принимают следующей: при $H < 6,0$ м $v = 3,4$ м; при $H = 6 \dots 10$ м $v = 4 \dots 5$ м; при $H = 10 \dots 15$ м $v = 6 \dots 10$ м. Гребень плотины делают выпуклым с уклоном в обе стороны $0,03 \dots 0,05$ для стока дождевой воды. Проезжую часть гребня укрепляют мостовой, щебенкой и асфальтом или железобетонными плитами. По краям гребня ставят перила или железобетонные столбы.

Откосы плотины устраивают для придания ей устойчивости. Заложение откосов земляной плотины принимают для мокрого, то есть обращенного к воде, для суглинков $1:2,5 \dots 1:3,0$, для супесей $1:3 \dots 1:3,5$ и для песков $1:3,5 \dots 1:4$; для сухого откоса соответственно $1:1,5 \dots 2,0$, $1:2 \dots 1:2,5$ и $1:2,5 \dots 1:3$.

Правильность отсыпки откосов проверяют при помощи шаблонов. Несоблюдение заложения откосов ведет к разрушению плотины.

В целях предохранения откосов от разрушений мокрый откос укрепляют каменной отмосткой, бетонными плитами, наброской камней в клетки из ивовых кольев и прутьев, а также посадкой вдоль уреза воды ивы кустарниковой. Крепление мокрого откоса проводят от гребня и на $1,0 \dots 1,5$ м ниже отметки НПУ. Сухой откос закрепляют посевом многолетних трав.

Ширину плотины в основании определяют по следующему выражению

$$B = b + H_{пр} (m + m_1),$$

где B — ширина плотины в основании, м; b — ширина плотины сверху, м; $H_{пр}$ — проектная высота плотины, м; m, m_1 — коэффициенты мокрого и сухого откосов.

Противофильтрационные устройства. При проведении фильтрационных расчетов надо знать $A_{нпу}$ и угол кривой депрессии. Отложив угол кривой депрессии, определяют место выхода ее в основании плотины. Уклон кривой депрессии в супесях приблизительно равен $1/5$, в суглинках — $1/4$, в глинах — $1/3$. Кривая депрессии должна пересекать основание плотины примерно на расстоянии не менее 4 м от сухого откоса. В противном случае надо увеличивать сухой откос или устраивать дополнительную надсыпку земли, то есть берму.

В неоднородных плотинах для предотвращения фильтрации под основанием плотины устраивают замок. Ширина его по низу $1,0 \dots 1,5$ м, откосы $1:0,5$ или $1:1$. Замок врезают в водоупорный слой

на глубину 0,5...1,0 м. Для устройства замка отрывают траншею, которая прорезает дно и берега балки по всей длине будущей плотины. Если водоупорный слой залегает глубже 3 м, то обычно сверху на глубину 2...3 м устраивают замок, а ниже забивают шпунтовую стенку, которая входит в водоупорный слой на глубину не менее 0,5 м. Экран в теле плотины устраивают тоже из мятой глины или из полиэтиленовой пленки, которую укладывают вдоль мокрого откоса на глубине 0,7...0,8 м от его поверхности. Экран покрывают слоем крупнозернистого песка толщиной 0,7...0,8 м. Гребень экрана должен быть на 0,6...0,8 м выше отметки УВВ и на 1,0...1,2 м ниже отметки гребня. Толщина экрана сверху 0,8 м, снизу до 2 м.

В больших земляных плотинах в основании сухого откоса с целью отвода профильтровавшейся воды устраивают дренаж. Вначале насыпают мелкий, потом крупный песок слоями 15...20 см, далее слой щебня или гравия и, наконец, мелкие и средние камни.

По периферии сухого откоса прокладывают дренажные трубы. Ширина дренажной отсыпки в основании сухого откоса вверху не менее 1 м, а высота — не менее $\frac{1}{5}$... $\frac{1}{4}$ высоты плотины. Если фильтрующаяся вода чистая, значит, плотина работает хорошо, если поступает мутная вода, то есть опасность разрушения плотины.

Разбивка плотины и подготовка ее основания. На местности разбивают и закрепляют ось плотины, относительно ее намечают границы очертания основания плотины, замка и гребня. Одновременно на местности отмечают места расположения водосбросного сооружения и карьеров, откуда будут забирать необходимый по качеству грунт для насыпки плотины. После разбивки контура плотины на всей площади будущего основания вырубают кустарники и деревья, удаляют пни и камни. После этого на площади, намеченной под плотину, со дна и берегов снимают растительный слой на глубину 0,25...0,35 м и удаляют его за пределы низового откоса. Для лучшего сопряжения между основанием и насыпаемым грунтом рыхлят грунт основания. Перед заполнением ложе водохранилища очищают от камней, пней и древесной растительности. Для борьбы с зарастанием берегов, а также придания берегам устойчивых откосов мелкие места водохранилища углубляют.

Насыпка тела плотины. Для этой цели используют естественно влажный и хорошо разрыхленный грунт из карьеров и выемок водосбросных сооружений. Насыпку плотины начинают с пониженных мест и выполняют по всей площади горизонтальными слоями толщиной не более 0,2...0,25 м. Каждый слой разравнивают и сильно уплотняют машинами, подвозящими грунт, а также кулачковыми и гладкими катками. Уплотнение проверяют плотномером. Если грунт сухой, то его смачивают водой. Оптимальная влажность грунта при насыпке плотины: супесчаного 9...14%, суглинистого 12...20%, глинистого 20...28% массы абсолютно сухой почвы.

Сопряжение тела плотины с берегами балки осуществляется по наклонным плоскостям с короткими уступами.

Объем земляной плотины. Общий объем земляной плотины определяют по отдельным отрезкам. Для этого вычисляют среднюю площадь сечения отрезка $F_{ср}$ (m^2) и умножают на его длину L (м).

Объем земляных работ находят и по упрощенной формуле

$$V_{з.р.} = 0,25 (b + B) HL,$$

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

Защита водохранилища от заиления. Для защиты водохранилища 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 водохранилища высаживают иву, тополь, березу, дуб, клен, ясень, вяз, липу, лиственницу, сосну и др. Во избежание засорения водохранилища опадающими листьями и ветками саженцы деревьев и кустарников высаживают на расстоянии 10...15 м от уреза воды. С целью защиты от водной эрозии и более полного перехвата талых и ливневых вод по верхней границе лесной полосы устраивают нагорную канаву. Воду из нее отводят в естественные ложбины или через специальные сооружения — ливнеспуски, то есть быстротоки и перепады. Верховья балок также обсаживают деревьями и кустарниками.

§ 34. Мягкие конструкции плотин

В настоящее время на водотоках и ручьях применяют так называемые мягкие резинотканевые конструкции плотин, которые бывают четырех разновидностей (рис. 15). Их используют в качестве наливных подпорных плотин. Высота мягкой плотины не более 3 м.

Оболочку мягкой плотины укладывают на дно временного водотока в заранее намеченном створе и закрепляют анкерными устройствами. При укладке мягкой наливной плотины непосредственно на грунт, кроме оболочки, укладывают полотнище, заменяющее в верхнем бьефе понур, а в нижнем бьефе рисберму. Перед укладкой оболочки и полотнища основание тщательно выравнивают и уплотняют. Оболочку плотины наполняют водой.

Достоинство мягкой наливной плотины состоит в ее дешевизне по сравнению с капитальными сооружениями и простоте монтажа и демонтажа. Они удобны для устройства запруд на временных водотоках, создания водоемов глубиной до 3 м. Через мягкие плотины можно пропускать расходы воды весенних и летних ливневых паводков.

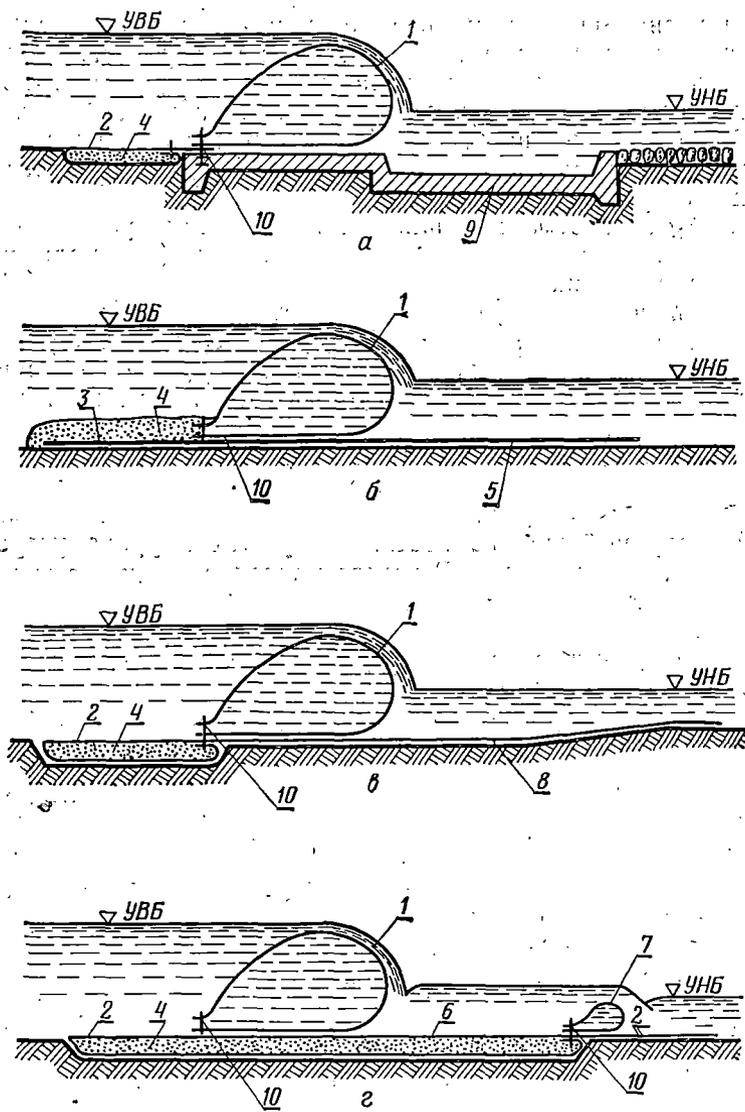


Рис. 15. Мягкая резиноканевая водонаполняемая оболочка; служащая в качестве подпорной плотины:
 1 — мягкая оболочка (затвор); 2 — гибкий понур в виде полости; 3 — гибкий понур в виде полотнища; 4 — пригрузка; 5 — полотнище водобоя с рисбермой; 6 — водобой; 7 — сопрягающее устройство; 8 — гибкая рисберма; 9 — бетонная часть флютбета; 10 — узел крепления оболочки к флютбету.

§ 35. Устройство водосбросных и водосливных сооружений

Водоохранилище задерживает сравнительно небольшую часть годового притока талых и ливневых вод, поэтому во избежание его переполнения и разрушения тела плотины устраивают водопропускные, или водосливные, сооружения. Назначение таких сооружений — пропускать излишки паводковых и ливневых вод, которые могут переполнить водоохранилище. К водопропускным-водосливным сооружениям относятся:

водосбросной земляной или бетонный канал, устраиваемый в сочетании с гидротехническими сооружениями (перепады и быстротоки) или без них;

водосливное сооружение устраивают в теле плотины в виде отверстия со щитами. Наиболее простым сооружением является водосбросной земляной канал, устраиваемый в обход плотины; начинается он выше плотины не ближе 20...30 м, идет горизонтально, огибает плотину на расстоянии 15...20 м и заканчивается не ближе 40...50 м от подошвы сухого откоса. Размеры водосбросного канала устанавливают расчетом. Его крепят каменной отсыпкой или бетонируют. В том месте, где земляной канал сбрасывает воду в балку, во избежание размыва русла устраивают перепады или быстротоки. В голове канала сооружают льдозадерживающие устройства. В настоящее время вместо земляных водосбросных каналов прокладывают железобетонные трубы, входные отверстия которых имеют решетки. В конце таких труб устраивают водобойные колодцы, а отверстия также закрывают решетками. Дно водосбросного канала или труб устанавливают на отметке $A_{нпв}$ так, чтобы сброс воды осуществлялся автоматически.

Водосливные сооружения в теле плотины изготовляют из дерева или сборного железобетона. Под водосливное сооружение забивают шпунтовый ряд. Входное и выходное отверстия делают более широкими, для этого устраивают раскрылки. Входное отверстие закрывают подъемными щитами, то есть затворами. Чтобы в отверстия не попадали льдины, забивают сваи. Водосливные отверстия устанавливают на отметке дна водоохранилища. Это позволяет при необходимости спускать воду из водоохранилища и вместе со сбросной водой удалять накопившиеся наносы, вылавливать рыбу и т. д. Однако устройство водосливных отверстий в теле плотины очень сложно, так как требует хорошего сопряжения с земляной частью плотины. Малейшие нарушения в этом отношении приводят к авариям.

Кроме водосливных сооружений, которые предназначены для пропуска максимальных расходов талых и ливневых вод, для хозяйственных, то есть эксплуатационных, нужд, связанных с орошением, водопоем скота, рыбоводством, устраивают водовыпуски. К ним относятся:

трубы, закладываемые в плотине на отметке $A_{м.о}$ с целью выпуска воды в канал для регулярного или лиманного орошения;

донные трубчатые водовыпуски, устраиваемые на отметке дна водохранилища (A_0) с целью опорожнения водохранилища в связи с его очисткой от ила, а также для вылова рыбы;

водоспуски — сифоны, устраиваемые для подачи воды с целью орошения или водопоя скота. Верхнее отверстие сифона закладывают на отметке МУ. Водоспуски устраивают из чугунных, хорошо соединенных и зачеканенных свинцом труб. Для этих целей применяют железобетонные, асбестоцементные и железные или стальные трубы. Чтобы трубчатые водоспуски были устойчивыми, трубы укладывают на прочное основание и заливают раствором жирной глины. Во избежание фильтрации по линии трубопровода делают противофильтрационные диафрагмы. Трубчатые водоспуски лучше прокладывать сбоку плотины в материковом грунте. Для сифонов применяют железные трубы. Приемные и выпускные концы труб оформляют прочной каменной кладкой на цементном растворе. Входные отверстия спусков оборудуют решетками, а концевые части — задвижками или гидрантами. В местах выпуска воды во избежание размыва грунта устраивают водобойный колодец.

Входное отверстие водосливного канала рассчитывают по формуле

$$Q = v_{\text{ср}} \omega,$$

где Q — расход канала, $\text{м}^3/\text{с}$; $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость, $\text{м}/\text{с}$; ω — площадь живого сечения канала, м^2 .

При глубине слоя воды на водосливном сооружении $H=1,0$ м, откосе канала, армированного железобетонными плитами, $m=1,0$; скорость движения воды $v_{\text{ср}}=3,0$ $\text{м}/\text{с}$ и $Q_{\text{сбр}}=30,3$ $\text{м}^3/\text{с}$. Площадь живого сечения канала составит:

$$\omega = \frac{Q_{\text{сбр}}}{v_{\text{ср}}} = \frac{30,3}{3,0} = 10,1 \approx 10 \text{ м}^2.$$

При трапецидальном сечении водосбросного канала и $\omega=10$ м^2 ширина канала по дну $b=8,95$ м.

§ 36. Эксплуатация прудов и водохранилищ

Эксплуатация прудов и водохранилищ подразделяется на техническую эксплуатацию плотины и ее сооружений и на эксплуатацию самого водоема. Мероприятия по технической эксплуатации включают следующее:

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 ремонты плотины и сооружений.

Пропуск паводковых вод — одно из важнейших эксплуатационных мероприятий. Перед их пропуском должны быть проведены следующие работы:

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

подготовлены в необходимом количестве 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. Во избежание ледяных торосов надо иметь запас взрывчатки для ликвидации заторов льда у входных отверстий водосливных сооружений. Полностью должен быть подготовлен 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, оправлена и, где необходимо, восстановлена каменная отмостка, заделаны продольные и поперечные трещины в теле плотины, проверены состояние гребня, работа фильтра, щитовых и подъемных устройств водосливных сооружений, закончены ремонтные работы по исправлению дефектов в понуре, флютбете и рисберме и водоочистных колодцах гидротехнических сооружений и др. Во избежание разрушения сухого откоса ливневыми дождями систематически скашивают травостой, восстанавливают кюветы, сбросные канавки и лотки;

организовано круглосуточное дежурство и 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, то есть остаточные объемы воды, для проведения осенних влагозарядковых поливов; изменять регулируемую емкость водохранилища с учетом гидрологических прогнозов, то есть при опасности большого паводка сбрасывать излишки воды.

Для сохранности плотины большое значение имеет профилактический ремонт, который проводится в период эксплуатации. Он заключается в проведении защитных мероприятий, исключающих возможность появления тех или иных деформаций в сооружениях. Текущий ремонт, выполняемый каждый год по заранее составленному графику, состоит в замене отдельных частей сооружений в связи с износом материала, а также в ликвидации дефектов, обнаруженных после сдачи объекта в эксплуатацию. К капитальному ремонту относятся устранение серьезных и крупных повреждений, реконструкция узла сооружений, вызванная изменением проектных размеров или коренной перестройкой плотины. Работы, связанные

с капитальным ремонтом, выполняет строительная организация, а законченные работы принимаются комиссией.

К хозяйственным эксплуатационным мероприятиям относится: 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 противоэрозийном отношении;

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

установление мест скотопрогона и подготовка специальных площадок для водопоя скота. Во избежание загрязнения водохранилища площадки для водопоя скота лучше устраивать ниже плотины в местах водовыпускных сооружений;

предохранение водохранилища, особенно мелких мест, от зарастания и восстановление откосов в результате разрушения волнобоем. 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 водного зеркала;

разведение водоплавающей птицы (уток) из расчета 150...200 голов на 1 га зеркала пруда. При разведении гусей надо вдоль водохранилища иметь 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 8. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

§ 37. Типы оросительных систем

Под оросительной системой понимают сеть крупных и мелких земляных каналов, трубопроводов и гидротехнических сооружений, назначение которых забирать воду из источника орошения (река, озеро, водохранилище, артезианская скважина) и транспортировать ее на орошаемую территорию не только в требуемом объеме, но и в сроки, предусмотренные технологией сельскохозяйственного производства. Оросительные системы делят на государственные и внутрихозяйственные.

К государственным относятся крупные системы, которые обслуживают группу колхозов и совхозов. Землепользование их исчисляется десятками и даже сотнями тысяч гектаров. Обслуживание таких систем осуществляет специальная служба, — управление государственной оросительной системы во главе с опытным инженером-эксплуатационником. Управление проводит ремонт каналов

и сооружений, получает заявки на воду и распределяет ее между водопользователями.

Внутрихозяйственные оросительные системы обслуживают земли, принадлежащие только одному хозяйству, то есть колхозу или совхозу, имеющему относительно небольшие площади орошения — от 200 до 6000...8000 га. В каждом крупном колхозе или совхозе имеется отдел эксплуатации оросительной системы. Он следит за ремонтом каналов и сооружениями и распределением воды по отдельным бригадам и звеньям.

Назначение оросительной системы не только забирать и транспортировать воду на поля, занятые сельскохозяйственной культурой, но и регулировать оптимальный водный и солевой режимы почвогрунтов. Поэтому оросительная система в современных условиях должна обладать двойным регулированием: при недостатке воды в почве подводить и распределять ее по территории, занятой культурой; при избытке, наоборот, отводить через водосбросную или дренажную сеть.

Оросительные системы по устройству и характеру действия могут быть трех типов: *открытыми*, когда вся система состоит из серии открытых больших и малых земляных каналов; *закрытыми*, когда оросительная сеть состоит из закрытых напорных трубопроводов; *комбинированными*, или смешанными, когда крупные каналы состоят из открытых земляных или бетонных каналов, а мелкая внутрихозяйственная регулирующая сеть — из закрытых напорных трубопроводов.

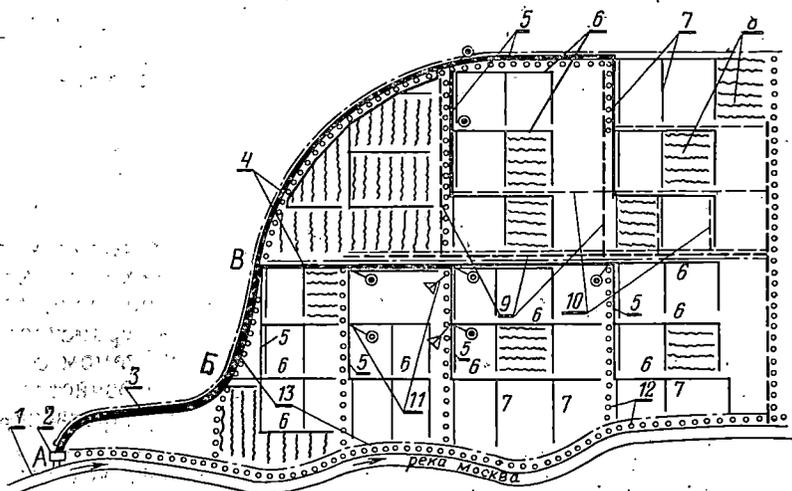


Рис. 16. Схема оросительной системы:

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

Наиболее совершенной является закрытая оросительная система. Она позволяет полностью автоматизировать подачу и распределение воды при поливе.

§ 38. Состав оросительной системы

Оросительная система решает водохозяйственные задачи, связанные не только с сельскохозяйственным, но и с промышленным производством в том или ином водном бассейне или отдельно взятом хозяйстве.

Оросительная система как комплексная водохозяйственная организация включает серию не только земляных каналов и трубопроводов, но и гидротехнических и дорожных сооружений (регулирующие водохранилища, водозаборные, регулирующие и другие сооружения). Она обычно состоит (рис. 16): из источника орошения (река, озеро, водохранилище, артезианские скважины); головного водозаборного сооружения или насосной станции (плотина, головной шлюз и др.); оросительных каналов и трубопроводов; оградительных, водосбросных и дренажных каналов; гидротехнических сооружений на каналах оросительной, водосбросной и дренажной сети; дорожной сети и мостовых сооружений; водорегулирующих и полезащитных лесных насаждений.

§ 39. Классификация каналов оросительной сети

Оросительная сеть по выполняемым задачам делится на проводящую и регуливающую. Проводящая сеть включает крупные постоянные каналы:

магистральный, или главный, канал, трубопровод или лоток забирают воду из источника орошения и подводят ее к орошаемой территории. Чтобы канал или трубопровод мог оросить большую площадь, его проводят 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 в проводящей сети.

К каналам регулирующей сети относятся мелкие временные каналы, которые весной нарезают каналокопателями, а осенью перед пахотой заравнивают. Кроме земляных каналов, регулирующую сеть можно устраивать из закрытых и открытых быстроразборных трубопроводов. К каналам регулирующей сети относятся:

временные оросители, подают воду на поле площадью 4...10 га. Их нарезают каналокопателями, осенью временные оросители заравнивают. Если временный (картовый) ороситель обслуживает площадь в 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 и поливные полиэтиленовые и другие трубопроводы забирают воду из картовых оросителей или из гидрантов поливных трубопроводов и подают ее на поливную площадку, то есть площадку, ограниченную двумя выводными бороздами или поливными трубопроводами.

Поливные площадки обычно в 4...5 раз меньше площади карты и составляют 1...3 га. Размер поливной площадки, как и поливной карты, зависит от степени выравненности 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 от 10 до 20 поливных борозд и более. Распределительную борозду устраивают обычно рядом с выводной каналокопателем КЗУ-30 или вручную объединением поливных борозд; поливная сеть — это поливные борозды, полосы, чеки, которыми поливная вода распределяется по полю. К поливной сети относятся также и внутрипочвенные увлажнители, которые прокладывают на глубину 0,5...0,6 м на расстоянии один от другого 1,2...1,5 м.

§ 40. Водосбросная и дренажная сеть

Для защиты от затопления и заболачивания, а следовательно, и возможного засоления почв и почвогрунтов на орошаемой территории создают не только оросительную, но и водосбросную и дренажную сеть. Водосбросную сеть обычно устраивают с целью сброса избыточных и катастрофических (прорывы дамб каналов) вод, а дренажную — с целью понижения и поддержания заданного уровня грунтовых вод. Поэтому оросительную сеть каналов создают одновременно с водосбросной и дренажной сетью. В сочетании с оросительной водосбросная и дренажная сеть обеспечивает так называемое двустороннее регулирование водного режима почв. К водосбросной и дренажной сети относятся:

каналы оградительной сети, не допускают поступления поверхностных и подземных вод на орошаемый участок. К ним относятся нагорные, нагорно-ловчие и ловчие каналы;

главный водосбросной канал, или коллектор, прокладывают по самым низким отметкам орошаемой территории. Основное назначение его — отводить сбросные и дренажные воды с орошаемого массива;

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

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

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

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

мелкую водосбросную сеть устраивают на мелких участках. Она включает поливную карту, площадку, чек и т. д.;

дорожная сеть на оросительной системе обеспечивает передвижение тракторов, машин, подвоз семян и удобрений, транспортировку урожая; она служит для надзора за состоянием и работой оросительных каналов и сооружений.

Дороги вдоль крупных каналов, обеспечивающие подъезд к крупным гидротехническим сооружениям, называют эксплуатационными. 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 культурных орошаемых пастбищах полевые дороги устраивают не только для движения машин, но и для прогона скота. Дороги вдоль крупных оросительных каналов, как правило, улучшенного типа с гравийным или асфальтовым покрытием. Внутрихозяйственные дороги имеют улучшенный профиль с гравийным покрытием. Нередко кюветы такой улучшенной дороги одновременно являются и водосбросом. Полевые дороги не имеют покрытий и являются обычными грунтовыми.

Устройство дорог на оросительной системе обязательно сочетают с разведением леса. Во избежание эрозии и заиления лесом засаживают крутые склоны и трассы вдоль крупных каналов оросительной и водосбросной сети. Полезащитные лесные полосы вы-

саживают по контуру каждого севооборотного или бригадного участка. Лесные полосы предохраняют почву от размыва, а водохранилища, участки оросительных, водосбросных и водооградительных каналов (нагорные и нагорно-ловчие каналы и др.) — от заиливания. Они 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. Используя сбросные и фильтрационные воды, можно выращивать деловую древесину и плодовые культуры. Подбор древесных пород в каждом случае проводят с учетом почвенных и климатических условий. В зоне фильтрации крупных оросительных, водосбросных и дренажных каналов и водохранилищ лесные посадки выполняют роль биологического дренажа. Посадку леса вдоль каналов и дорог проводят с таким расчетом, чтобы он не мешал механизированной очистке и ремонту каналов и сооружений, а также уходу за древесными насаждениями. Поэтому лесные культуры сажают с одной стороны или оставляют проходы вдоль канала. Лесные посадки вдоль каналов сажают в 2...3 ряда, вдоль дорог — в 3...4 ряда. Расстояние между рядами при условии механизированного ухода 2,3...2,5 м, в ряду после прореживания — не более 1...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. В этом случае высаживают высокоствольные деревья с хорошо развитой кроной. Подбор деревьев проводят с учетом почвенных и климатических условий.

Для степных и лесостепных районов СССР рекомендуются следующие породы: тополь пирамидальный, дуб, акация белая, береза, вяз обыкновенный и узколистный, ильм, клен, лиственница, липа мелколистная, шелковица белая и др.; из плодовых груша, слива, вишня, яблоня; из кустарников бересклет, лох, желтая акация, ирга, лещина, жимолость, боярышник, гледичия.

Для районов Средней Азии и Закавказья из древесных пород высаживают тополь пирамидальный, шелковицу, акацию белую, грецкий орех, карагач, грушу, абрикос, яблоню; из кустарников — иргу, лох, боярышник, гледичию, гранат и др.

§ 41. Конструкция и элементы поперечного профиля каналов оросительной сети

Каналы, как и естественные водотоки, в зависимости от грунта и облицовки имеют различную форму поперечного сечения: прямоугольную, трапециевидную, параболическую, полигональную, составную, треугольную, ложбинообразную (рис. 17).

Прямоугольное сечение обычно имеют каналы, которые проходят в скальных грунтах. Их устраивают из досок, камня и железобетона.

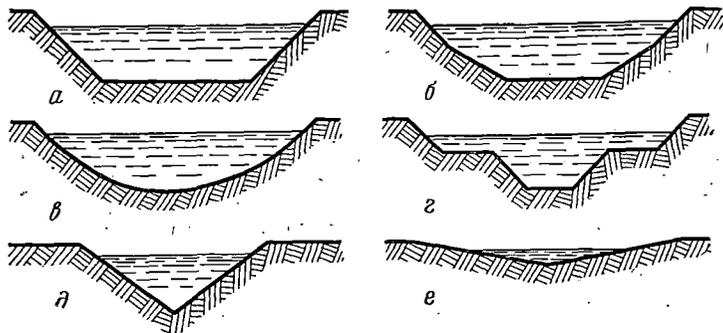


Рис. 17. Формы поперечного сечения каналов:
 а — трапецидальная; б — полигональная; в — параболическая; г — составная; д — треугольная; е — ложбинная.

Трапецидальное сечение имеют земляные каналы. В период эксплуатации такие каналы принимают параболическое сечение. Мелкие небольшие каналы, временные оросители, выводные и распределительные борозды, нарезаемые каналопателями плужного типа, имеют треугольные или близкое к нему сечение. Каналы из сборных железобетонных лотков имеют, как правило, параболическое сечение.

В зависимости от характера грунта открытые каналы могут быть земляными, земляными с бетонным и другим покрытием (бетонитовые глины, полиэтиленовая пленка и др.), и, наконец, железобетонными. Вместо открытых земляных оросительных каналов в связи с механизацией полива и, в частности, дождеванием все больше применяют закрытую и открытую системы быстросборных напорных трубопроводов диаметром от 180 до 600 мм и более.

При устройстве каналов открытой оросительной сети учитывают следующие требования:

каналы по конструкции должны быть не только прочными, рассчитанными на длительный срок работы, но и отвечающими современным требованиям индустриализации и применению механизации при их устройстве; каналы должны обладать большой пропускной способностью и минимальной фильтрацией;

при большой пропускной способности они должны иметь допустимые скорости движения воды на размыв и заиление русла. Наибольшей пропускной способностью обладают каналы, рассчитанные на незаиляемость и минимальную фильтрацию.

Составными элементами поперечного профиля канала являются:

ширина канала по дну — b . Для небольших каналов она колеблется от 0,2 до 1,0 м, для больших — от 5 до 10 м и более. Для малых каналов ширина по дну определяется типом каналопателя;

глубина воды в канале — h . Для малых каналов она изменяется от 0,3 до 1,0 м, для больших — от 3 до 4 м. Глубину воды в

каналом 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, характеризующие заложение мокрого и сухого откосов. — m, m_1 . Для небольших каналов коэффициенты откоса 1,0...1,5, для крупных — 1,5...3,0;

бровка канала — место пересечения линий поперечного профиля канала или место перехода горизонтальной плоскости к откосу канала. На крупных каналах, у которых профиль имеет уступы (бермы), имеется не одна, а несколько бровок;

берму, или уступ, устраивают на крупных каналах с выемкой более 5,0 м для придания большей устойчивости откосам. При устройстве канала ширина берм в зависимости от расхода канала составляет 1,0...1,5 м, при устройстве дороги ширину бермы увеличивают;

общая глубина канала H зависит от наполнения канала водой h и остаточного напора a : $H=h+a$.

Остаточный напор, то есть запас по высоте от уровня воды до верха дамбы, колеблется для небольших каналов от 0,15 до 0,25 м, для больших — от 0,5 до 1,5 м;

ширина дамбы канала поверху — g , для небольших каналов 0,4...1,0 м, для крупных — 3...6 м и более. Ширину дамбы принимают такой, чтобы она была устойчивой и препятствовала проникновению воды через тело канала. На крупных каналах, особенно на затопляемых массивах, ширину дамбы устраивают с расчетом не только прохода поливальщиков, но и автомобилей и экскаваторов, применяемых при очистке и ремонте каналов, а также перемещения передвижных насосных станций;

уровень командования — h , то есть превышение уровня воды в канале над самой высокой отметкой поверхности орошаемого участка, куда должна подаваться вода. Уровень командования зависит от степени спланированности поверхности орошаемого участка: чем она лучше, тем меньше h ; $h=h_k-h_m$ (h_k, h_m — отметка воды в канале и отметка местности).

Уровень командования зависит от способа полива. При поливе по бороздам он должен быть не менее 5...10 см. При напуске по полосам — не менее 10...15 см. При затоплении по чекам — не менее 20...25 см.

Для водосбросных каналов уровень воды в них должен быть ниже отметки местности, с которой отводится вода, на 0,25...0,3 м, для дренажной сети в зависимости от минерализации грунтовых вод — от 1,5 до 3,0 м.

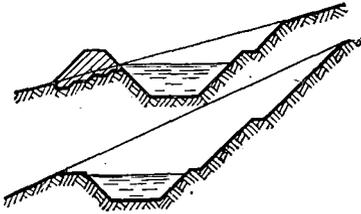


Рис. 18. Поперечное сечение канала на крутом склоне.

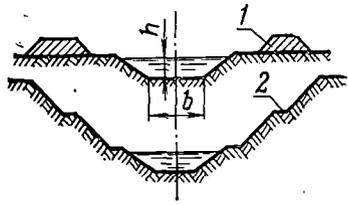


Рис. 19. Канал в выемке:
1 — кавальер; 2 — берма.

По конструкции и строительным особенностям земляные каналы могут быть следующих пяти типов:

канал на крутом склоне, устраивают в выемке с насыпкой дамбы с низовой его стороны. Объем дамбы обычно соответствует объему выемки. Откос, обращенный к воде, делают круче ($m=1,0...1,5$), сухой откос — пологим ($m_1=1,5...2,0$). Ширину дамбы для малых каналов принимают равной 0,5...1,0 м, для больших — 3...6 м и более. В каждом случае ширину дамб согласуют с объемом выемки и эксплуатационными требованиями. Оросительные каналы на крутом склоне устраивают чаще в предгорных районах. Для пропуска большого расхода воды и во избежание размыва и оползневых явлений стенки и дно их бетонируют (рис. 18);

каналы в выемке, устраивают в грунте. Вынутую землю отсыпают в земляные валы, то есть в кавальеры. Чтобы кавальеры не давили на откосы и не вызывали оползание, их отсыпают на расстоянии от бровки каналов 1...2 м. В дальнейшем кавальеры разравнивают грейдерами или бульдозерами и занимают посевами сельскохозяйственных культур или древесными и плодовыми насаждениями.

Каналы в выемке наиболее характерны для подводящей, водосборной 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 проводят промывку засоленных земель. Каналы в выемке при разравнивании кавальеров имеют незначительную площадь отчуждения пахотнопригодных земель. При машинном заборе воды им отдают предпочтение по сравнению с другими типами каналов (рис. 19);

канал в полувыемке-полунасыпи, по существу это тот же канал в выемке, у которого отсыпаемые кавальеры служат дамбами канала. Это наиболее целесообразный профиль оросительного канала, так как объем выемки здесь почти равен объему насыпи. Выемку канала здесь делают так, чтобы отсыпаемые дамбы обеспечивали

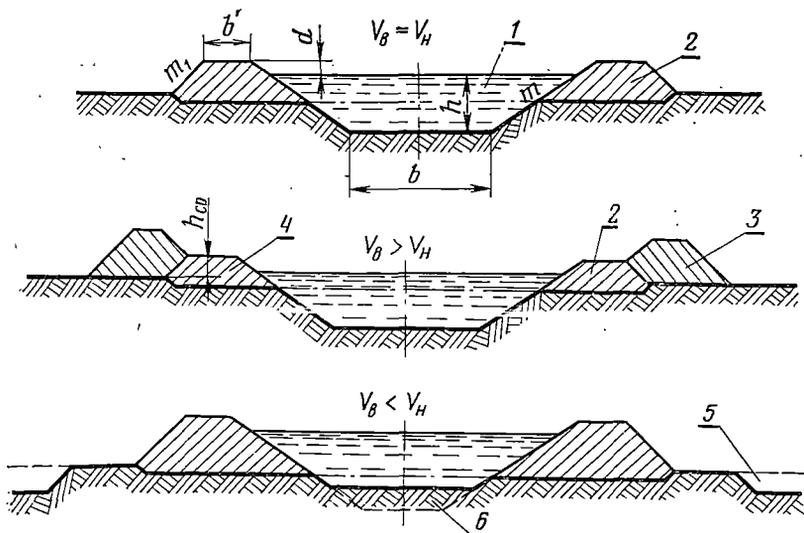


Рис. 20. Канал в полувыемке-полунасыпи.

1 — выемка; 2 — насыпь; 3 — отвал или кавальер; 4 — срезка растительного слоя; 5, 6 — наружный и внутренний резервы.

необходимый уровень командования воды над прилегающей территорией. Этот тип канала дает наименьшую площадь отчуждения и является типичным каналом регулирующей оросительной сети (рис. 20);

канал в насыпи, устраивают при отсутствии или очень малом уклоне местности, чтобы создать необходимый уровень командования и вывести воду на наиболее высокую отметку местности. Для канала в насыпи характерны резервы, то есть место, откуда берут землю для насыпи. Такие резервы закладывают на расстоянии не менее 1,5...2,0 м от подошвы. Это делают с таким расчетом, чтобы не увеличивалась фильтрация воды из канала. Глубина ре-

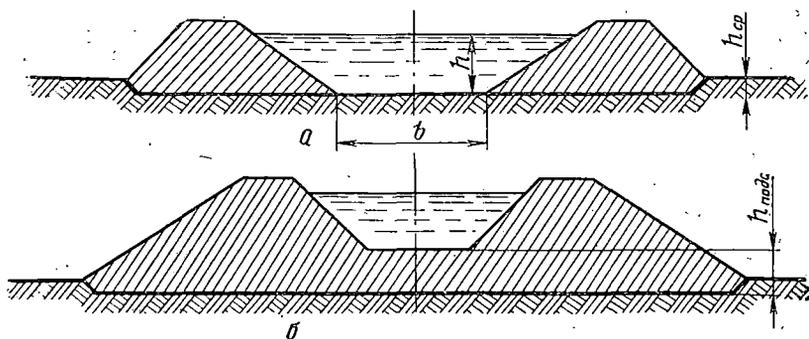


Рис. 21. Канал в насыпи:

а — без подсыпки дна; б — с подсыпным дном.

зернов обычно не более 0,5...1,0 м. После устройства канала резервы выравнивают бульдозерами и занимают под сельскохозяйственные культуры или древесные и плодовые насаждения. Канал в насыпи, несмотря на искусственное уплотнение, менее устойчив, обладает повышенной фильтрацией, требует пологих откосов. Кроме того, такой канал отчуждает значительную площадь пахотнопригодных земель (рис. 21, а);

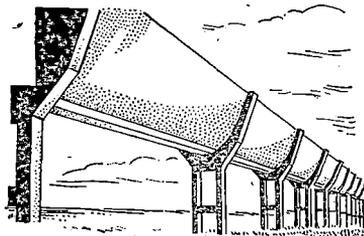


Рис. 22. Лоток-канал.

канал в насыпи с подсыпным дном, устраивают в том случае, если по его трассе встречаются понижения, то есть ложбины. При строительстве таких каналов приходится не только насыпать, но и подсыпать дно канала. Такой канал по конструкции требует пологих откосов, больших объемов дополнительного грунта и хорошего его уплотнения, больших резервов, что ведет к отчуждению пахотных земель. Кроме того, такие каналы обладают повышенной фильтрацией (рис. 21, б).

Лотковая оросительная сеть полуциркульной или параболической формы сечения имеет стандартные размеры, так как изготавливается индустриальным методом из железобетона (рис. 22). В зависимости от расходов размеры железобетонных лотков могут колебаться в значительных пределах (табл. 15).

Таблица 15. Стандартные размеры лотков, рекомендуемых Гипроводхозом

Пропускная способность и размеры лотков	Обычные железобетонные лотки			Лоток из напряженного железобетона		
	Лс-1	Лс-2	Лс-3	Лн-1	Лн-2	Лн-3
Пропускная способность (максимальная), л/с	252	625	1160	252	625	1160
Площадь сечения, м ²	0,214	0,392	0,604	0,214	0,392	0,604
Толщина стенок, см	5,0	5...6	5...6	5,0	5...6	5...6
Размеры лотка, м:						
длина	6,0	6,0	6,0	8,0	8,0	8,0
высота	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8
ширина поверху	0,8	0,98	1,13	0,8	1,98	1,13

Лотки укладывают в траншее или на различных по высоте опорах. Элементы опор (седла, стойки и фундаментные плиты) изготавливают и собирают на заводах. Наиболее слабым местом у лотков, как и у бетонированных каналов, являются швы.

§ 42. Продольная и поперечная схемы расположения оросительной и поливной сети

В зависимости от требований, предъявляемых к устройству оросительной сети, различают две основных схемы нарезки временной оросительной и поливной сети — продольную и поперечную (рис. 23).

Продольную схему применяют в том случае, если максимальный уклон местности не превышает $0,005...0,006$. Для этой схемы характерно следующее: участковый или групповой ороситель идет под небольшим углом к горизонталям (уклон в пределах $0,002...0,005$); временные оросители и полевые трубопроводы направляют перпендикулярно к горизонталям с уклоном не более $0,005...0,006$; выводные борозды или полиэтиленовые шланги устраивают или прокладывают с минимальным уклоном $0,001...0,002$ так, чтобы за счет создания более или менее одинакового напора 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 $0,005...0,006$. По этой схеме во избежание водной эро-

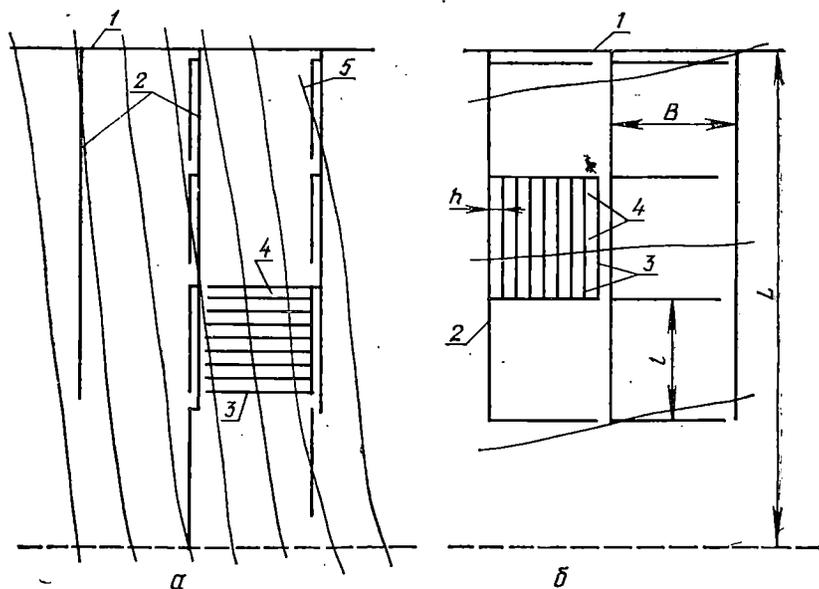


Рис. 23. Схемы нарезки временной оросительной и поливной сети:

а, б — поперечная и продольная схемы; 1 — распределитель; 2 — временный ороситель; 3 — валики; 4 — поливные полосы или борозды; 5 — выводные борозды.

зии и размыва каналов предусматривают следующее: участковый распределитель или групповой ороситель устраивают перпендикулярно или под некоторым углом к горизонталям. При уклонах более 0,005...0,006 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 под небольшим углом 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.

§ 43. Расчетные расходы каналов

Расходы воды в оросительных каналах непостоянны во времени. Это обуславливается расходом воды на транспирацию и испарение, а также периодичностью в проведении поливов. Во многие каналы и особенно внутривозделные распределители младшего порядка и временные оросители воду подают периодически. По окончании поливов по внутривозделной сети подачу воды в каналы прекращают.

Изменение расходов воды в канале происходит и по годам. Это зависит от метеорологических условий года (степень засушливости), водоносности источника орошения, смены культур в орошаемом севообороте и др.

Расходы по длине канала уменьшаются, так как вода из него подается в каналы младшего порядка, а также теряется на фильтрацию и испарение.

Расходы воды в канале устанавливают с учетом общего плана водопользования, составляемого на основе внутривозделных планов и гидрологического режима водоисточника и почвенно-мелиоративных условий 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 канала (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:

$$Q_{нт} = \Sigma Q_{отв},$$

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

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

Расчетные расходы определяют отдельно для каждого канала, а в случае если из распределительного канала отходит несколько младших каналов в разных его пунктах, то расходы подсчитывают по отдельным участкам, между точками выдела воды. При определении расчетных расходов канала устанавливают нормальный $Q_{норм.бр}$, минимальный $Q_{мин.бр}$ и форсированный $Q_{фор.бр}$ расходы. Значения этих расходов используют для определения размеров поперечного сечения каналов на различных участках.

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

Расходы $Q_{норм.бр}$ и $Q_{мин.бр}$ для какого-либо створа канала рассчитывают по следующим формулам (В. Г. Деметьев):

$$Q_{норм.бр} = q_{max} F_{нт} + \Sigma Q'_{п} = Q'_{полн} + \Sigma Q'_{п};$$

$$Q_{мин.бр} = q_{мин} F_{нт} + \Sigma Q''_{п} = Q''_{полн} + \Sigma Q''_{п},$$

где $F_{нт}$ — орошаемая площадь нетто, на которую подают воду; q_{max} , $q_{мин}$ — наибольшее и наименьшее значения гидромодуля для площади $F_{нт}$; $Q'_{полн}$, $Q''_{полн}$ — наибольшее и наименьшее значения поливного расхода; $\Sigma Q'_{п}$ и $\Sigma Q''_{п}$ — сумма потерь воды из всех одновременно работающих каналов (включая временные оросители) расположенного створа (сечения) канала при $Q'_{полн}$ и $Q''_{полн}$.

При пропуске воды по каналам с расходом менее $Q_{норм.бр}$ увеличиваются и относительные потери воды на фильтрацию, поэтому расход $Q_{мин.бр}$ не рекомендуется брать менее $0,4 Q_{норм.бр}$. Когда же в отдельные периоды $q_{мин} < 0,4 q_{max}$, то воду между каналами (хозяйствами) распределяют по введенному водообороту, при этом воду в каналы (хозяйства) подают поочередно. Иногда по каналам пропускают форсированные расходы, превышающие нормальные. Это бывает при изменении поливных площадей или культур орошаемого севооборота, при отклонении сроков и норм полива от принятых при расчете режима орошения, при возможных перерывах в подаче воды по каналам, в случае аварий на системе и др.

В соответствии со СНиП II-52—74 форсированные расходы рассчитывают умножением $Q_{норм.бр}$ на коэффициент форсирования $K_{форс}$, значение которого принимают при $Q_{норм.бр} = 1 \text{ м}^3/\text{с}$ от 1,3 до 1,2; при $Q_{норм.бр} = 1 \dots 10 \text{ м}^3/\text{с}$ от 1,2 до 1,15; при $Q_{норм.бр} > 10 \text{ м}^3/\text{с}$ от 1,15 до 1,1. Для определения потерь воды на фильтрацию в оросительных каналах существуют формулы А. Н. Костякова, С. Ф. Аверьянова, В. В. Ведерникова и др. По формуле А. Н. Кос-

тякова относительные потери (% на 1 км длины канала) вычисляются по формуле

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

где σ — относительные фильтрационные потери; Q — расход воды в канале, м³/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 значение m — 0,3; 0,4 и 0,5.

Абсолютные потери (м³/с) определяют по формуле

$$Q_{\text{п}} = \sigma Q l / 100,$$

где l — длина канала, км.

§ 44. Гидравлический расчет каналов

Расход воды в открытом и закрытом руслах (каналах и в трубах) как при безнапорном, так и при напорном равномерном движении определяют по формуле

$$Q = vF,$$

где Q — расход воды, м³/с; F — площадь живого сечения русла, м²; v — средняя скорость движения воды, м/с.

Движение воды в русле может быть равномерным и неравномерным. При равномерном движении воды средняя скорость течения и живое сечение по длине русла не изменяются. При этом уклоны поверхности воды и дна канала равны между собой. При неравномерном движении скорость и живое сечение русла изменяются по длине потока. Такое движение наблюдается при изменении уклона, а следовательно, и живого сечения русла. При равномерном и неравномерном движении воды скорость движения и расход воды могут быть установившимися и не установившимися. При установившемся движении скорость и расход воды во времени не изменяются, при не установившемся, наоборот, изменяются.

В зависимости от сечения русла площадь живого сечения вычисляют по следующим формулам:

для прямоугольного $F = bh$;

для треугольного $F = bh/2$;

для трапецидального $F = (b + mh)h$;

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

для круглого сечения при полном заполнении водой

$$F = \pi D^2/4 = 0,785 D^2,$$

где b — ширина русла (канала) по дну, для маленьких русел $b = 0,2 \dots 1,0$ м, для больших — до нескольких метров, м; B — ширина параболического канала по верху воды, м; h — глубина наполнения русла водой (колеблется от 0,2 до 1,0 м и более), м; m — коэффициент заложения откоса, который определяется отношением высоты к основанию прямоугольного треугольника. Если в основании укладывается целая высота, то заложение откосов 1 : 1, а коэффициент откоса $m = 1$, если в основании треугольника укладывается две высоты, то заложение откоса 1 : 2, а коэффициент $m = 2$ и т. д.; D — внутренний диаметр трубы, м.

Заложение откоса в русле естественных и искусственных водотоков обуславливается свойствами грунта. От выбора заложения откосов зависит объем земляных работ, устойчивость русла, скорость течения воды и др. На устойчивость откосов оказывает влияние глубина русла: чем русло глубже, тем положе откосы. Значения коэффициентов заложения откосов русла каналов, по А. Н. Костякову, приведены ниже.

Пески пылеватые	1,75...2,25
Супеси пылеватые	1,50...1,75
Гравелистые цементированные	0,75...1,25
Гравелистые рыхлые с песком	1,50...1,75
Суглинок, глина, лёсс	1,0 ...1,50
Галечниковые цементированные	0,75...1,0
Галечниковые рыхлые с песком	1,0 ...1,50
Плотная глина, конгломерат, известняки	0,50...0,75
Мягкие скальные грунты	0,00...0,25

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

Среднюю скорость движения воды в русле (канале) открытого или закрытого водотока определяют по формуле Шези:

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

где v — средняя скорость движения воды, м/с; R — гидравлический радиус, м; i — средний уклон русла водотока; C — скоростной коэффициент.

Скорости течения воды в русле могут быть заиляющими v_z , когда скорость воды менее 0,25 м/с, и размывающими v_p , когда скорость в земляном русле в суглинистых грунтах будет превышать 0,7...0,8 м/с, в глинистом грунте — 0,8...1,0 м/с, в руслах, по-

Таблица 16. Предельные скорости для открытых русл и каналов в зависимости от R (по А. А. Черкасову)

Характер покрытия русла канала	Скорость размыва (м/с) при		
	$R=0,2$ м	$R=0,5$ м	$R=1,0$ м
Супесь	0,25...0,45	0,35...0,6	0,4...0,7
Чернозем	0,35...0,4	0,40...0,5	0,5...0,6
Суглинок легкий	0,4...0,6	0,45...0,7	0,55...0,8
Суглинок средний	0,45...0,65	0,55...0,8	0,65...0,9
Суглинок тяжелый	0,5...0,7	0,6...0,9	0,7...1,0
Глина обыкновенная	0,5...0,8	0,6...0,95	0,65...1,05
Булыжник и валуны	1,75...4,0	2,0...4,5	2,2...5,0
Скала	2,0...8,0	2,25...9,0	2,5...10,0
Бетонная одежда	2,0...8,0	3,0...9,0	4,0...10,0
Торф гипно-осоковый малоразложившийся	0,6...1,15	0,7...1,3	0,8...1,5
Торф гипно-осоковый сильноразложившийся	0,35...0,5	0,45...0,6	0,5...0,7
Торф сфагновый сильноразложившийся	0,35...0,55	0,45...0,65	0,5...0,8

крытых булыжником и валунами, — 4...5 м/с, в руслах, покрытых бетоном, — 8...10 м/с. Для разложившегося торфа размывающие скорости более 0,75...0,8 м/с, для малоразложившегося — более 0,8...1,5 м/с (табл. 16).

Гидравлический радиус (м) определяют делением площади живого сечения русла ω на смоченный периметр P :

$$R = \omega / P.$$

Гидравлический радиус R , являющийся линейной величиной, характеризует удельную площадь живого сечения, приходящуюся на единицу длины смоченного периметра.

Смоченным периметром P называется линия соприкосновения воды с руслом водотока. Для открытых и закрытых русел смоченный периметр определяют по следующим формулам:

для прямоугольного сечения $P = b + 2h$;

для треугольного сечения $P = 2h \sqrt{1 + m^2}$;

для трапецидального сечения $P = b + 2h \sqrt{1 + m^2}$;

для параболического сечения $P = aB$, $a = B/h$;

для круглого сечения при полном заполнении водой $P = \pi D = 3,14D$.

Скоростной коэффициент C — функция гидравлического радиуса R и шероховатости русла n . Его определяют по формулам Н. Н. Павловского, И. И. Агроскина, Базена и др.

Таблица 17. Значения коэффициента C по формуле Н. Н. Павловского

R	Коэффициент шероховатости 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

Формула Н. Н. Павловского имеет вид:

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

где n — коэффициент шероховатости, который зависит от состояния русла; R — гидравлический радиус русла; y — показатель степени, зависящий от n и R .

Скоростной коэффициент C можно определять и по специальным таблицам (табл. 17).

При $R < 1$ $y = 1,5\sqrt{n}$, при $R > 1$ $y = 1,3\sqrt{n}$, формула Павловского применима при R от 0,1 до 3,0 м и при n от 0,011 до 0,04.

Коэффициент шероховатости для естественных русел и закрытых водотоков изменяется в значительных пределах.

Коэффициенты шероховатости естественных русел и закрытых водотоков
(по А. А. Черкасову)

Состояние поверхности почвы и русла водотоков	n (по Н. Н. Павловскому)
<i>Поверхность почвы при движении воды тонким слоем</i>	
Обработанное поле с бороздами по склону	0,05
Пашня с хорошей разделкой без борозд	0,125
Сеяные травы и сельскохозяйственные культуры	0,3
Естественный луг и пастбище с обычной травой	0,9...1,0
Кочкарник	1,0...2,0
<i>Естественные русла</i>	
Прямое чистое с небольшим количеством водорослей и камней русло реки	0,025...0,035
Прямая заросшая и засоренная с медленным течением река	0,040...0,070
Извилистая сильно заросшая и засоренная река с отмелями и омутами	0,080...0,133
<i>Искусственные русла</i>	
Цементная штукатурка, строганные доски, новые гончарные и металлические трубы	0,010...0,012
Бетон, нестроганные доски, тесовая и кирпичная кладка, обычные гончарные и металлические трубы	0,012...0,016
Бутовая кладка, старые трубы	0,020...0,025
Обычные чистые земляные каналы	0,020...0,0275
Сильно заросшие и засоренные каналы с камнями, сучьями и ямами в русле	0,0325...0,0375

Пример. Открытое естественное русло водотока протекает в тяжелых суглинках. Русло трапециевидного сечения, ширина русла по дну $b = 1$ м, глубина наполнения $h = 1$ м, коэффициент откоса $m = 1$, уклон дна русла $i = 0,001$. Требуется определить расход воды открытого русла.

Живое сечение русла $\omega = (b + mh)h = (1 + 1) \cdot 1 = 2 \text{ м}^2$.

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

Гидравлический радиус $R = \omega/P = 2/3,8 = 0,52$ м.

Коэффициент шероховатости для заросшего естественного русла принимаем $n = 0,0325$. Скоростной коэффициент определяем по формуле Н. Н. Павловского $C = R^y/n = 0,52^{2,27}/0,0325 = 0,77/0,0325 = 23,7 \approx 24$. Так как R в нашем случае меньше 1, то $y = 1,5\sqrt{n}$.

Среднюю скорость движения воды в русле находим по формуле Шези:
 $v = C\sqrt{Ri} = 24\sqrt{0,52 \cdot 0,01} = 24 \cdot 0,023 = 0,55 \text{ м/с.}$

Расход воды в русле составит:

$$Q = v\omega = 0,55 \cdot 2 = 1,10 \text{ м}^3/\text{с.}$$

§ 45. Сооружения на оросительной сети

Для регулирования и учета воды на оросительной сети устраивают следующие гидротехнические сооружения: водовыпуски, водоподпорные, сопрягающие, водопроводящие.

Гидротехнические сооружения на оросительной сети делятся на монолитные, сборные и комбинированные (В. Г. Дементьев). Монолитные сооружения строят из бетона, железобетона, камня, дерева, а сборные — из отдельных блоков, изготовленных на заводах. Комбинированные сооружения возводят на месте, а отдельные детали монтируют из ранее изготовленных блоков. Сооружения на каналах бывают закрытыми (трубчатые) и открытыми.

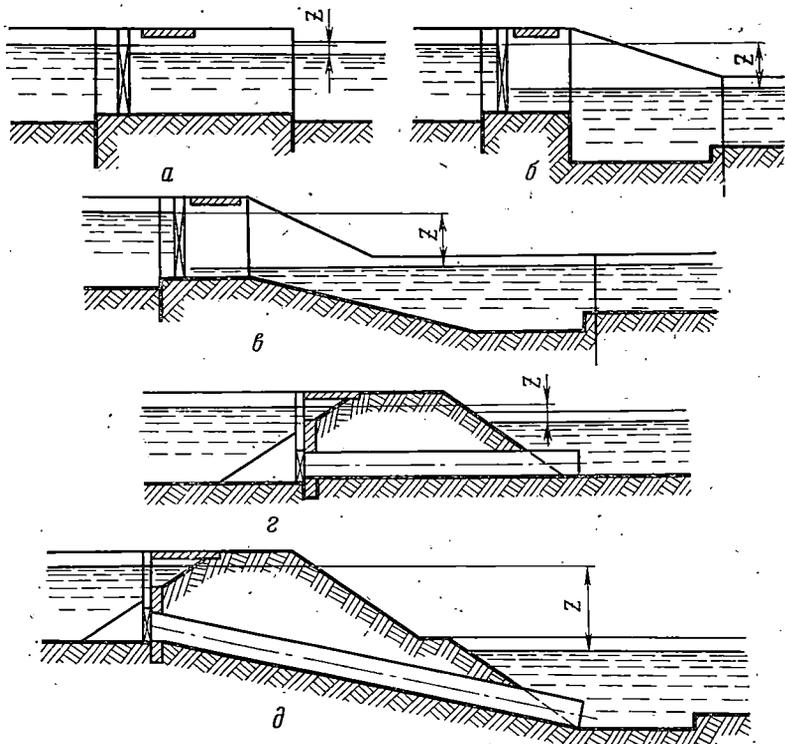


Рис. 24. Схемы водовыпусков:

а — открытый; б — открытый с переездом; в — открытый с быстроходом; г — трубчатый; д — трубчатый, совмещенный с переездом.

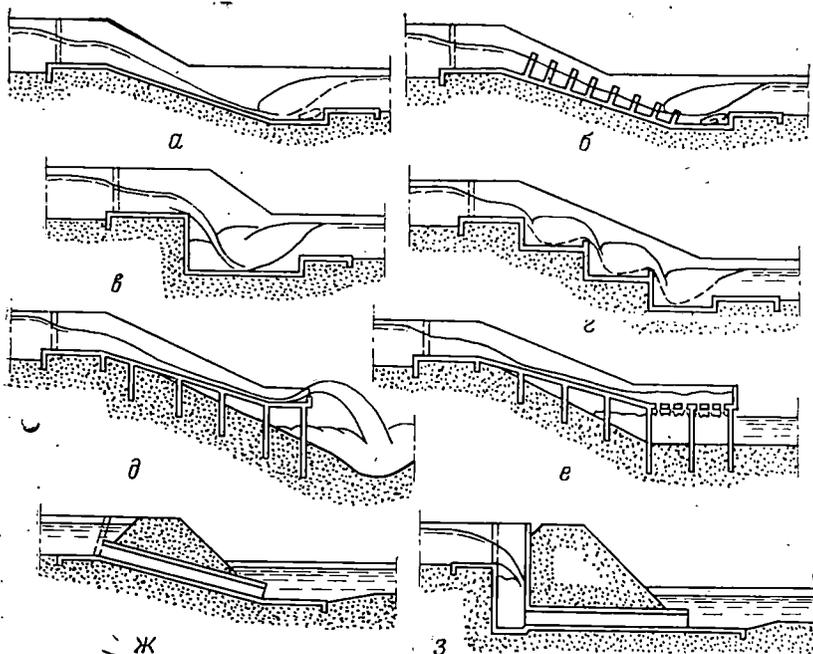


Рис. 25. Схемы сопрягающих сооружений:

а — быстроток; б — быстроток с повышенной шероховатостью; в — одноступенчатый перепад; г — многоступенчатый перепад; д — консольный перепад; е — решетчатый перепад; ж — наклонный трубчатый перепад; з — шахтный перепад.

Водовыпуски (регуляторы) сооружают в голове постоянных оросительных каналов (распределители) и на временных оросителях. Водовыпуски строят с переездом и без переезда (рис. 24). Если трасса канала имеет большой уклон, то водовыпуски совмещают с перепадами или быстротоками. Для регулирования уровня и расхода воды водовыпуски оборудуют плоскими или сегментными затворами. Трубчатые водовыпуски обычно имеют круглое, но иногда квадратное или прямоугольное поперечное сечение.

Водоподпорные (перегораживающие) сооружения устраивают на межхозяйственных и крупных хозяйственных каналах. Назначение этих сооружений — поддерживать в каналах необходимый уровень воды при пропуске расходов менее $Q_{\text{норм}}$.

Сопрягающие сооружения (рис. 25) устраивают там, где уклон трассы канала значительный. Скорости течения воды в земляном русле будут превышать допустимые скорости на размыв. В качестве сопрягающих сооружений применяют быстротоки, консольные и шахтные перепады.

Водопроводящие сооружения строят в местах, где необходимо транспортировать воду через какие-либо препятствия и где технически трудно или экономически нецелесообразно строить земляные каналы. К таким препятствиям относятся балки, овраги,

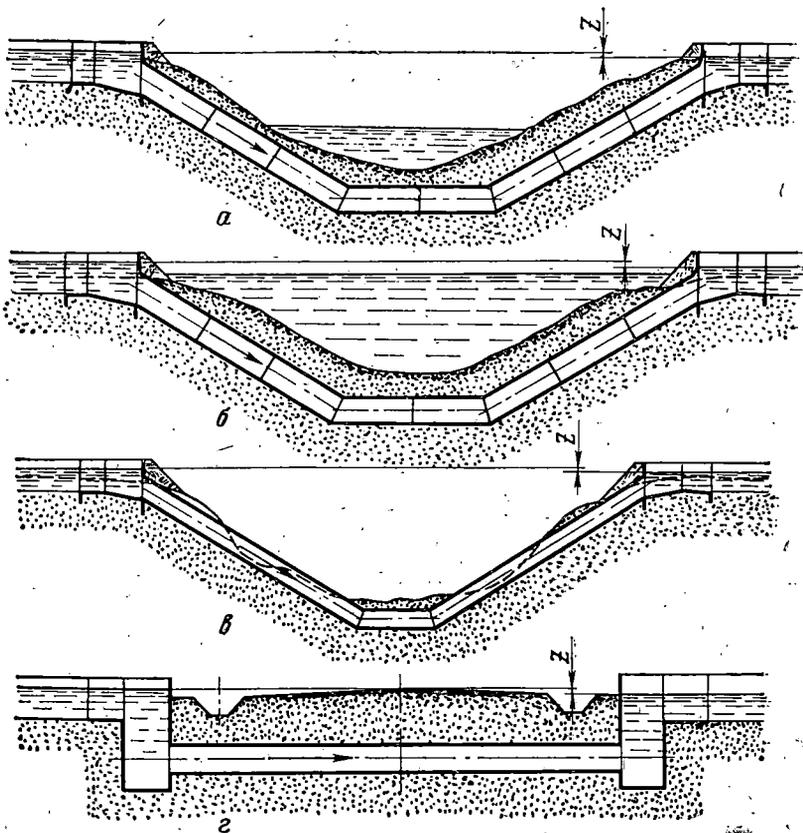


Рис. 26. Схемы дюкеров:

а и *б* — переходы через водотоки; *в* — овраги; *г* — дороги.

реки, глубокие долины, каналы, дороги и др. К водопроводящим сооружениям относятся дюкеры, акведуки, лотки, водопропускные трубы, тоннели.

Дюкер — это напорный трубопровод, сооружаемый в месте пересечения канала с естественными или искусственными препятствиями (рис. 26). Он состоит из входного и выходного оголовка и напорного трубопровода. Чаще всего для дюкеров используют железобетонные трубы заводского изготовления, реже асбестоцементные или стальные. Дюкеры при большой пропускной способности сооружают обычно из монолитного железобетона. Число очков или ниток дюкера делают в зависимости от пропускаемого расхода воды. На входном оголовке дюкера обычно устанавливают рабочие или ремонтные затворы, а также сороудерживающие решетки. Скорость движения воды в дюкерах изменяется от 1 до 4 м/с,

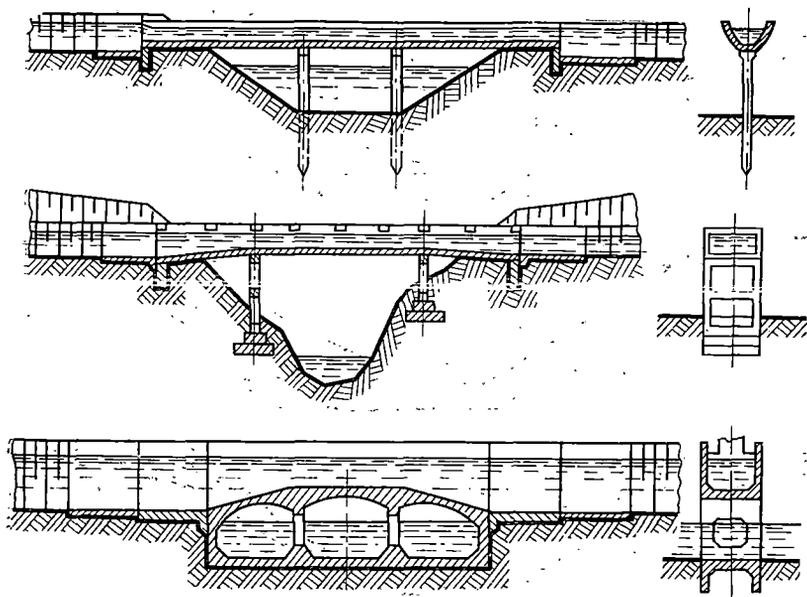


Рис. 27. Схемы акведуков.

она должна превышать заиляющую скорость и среднюю скорость потока.

Акведук — это лоток на опорах (рис. 27). Он состоит из входного оголовка и лотка с опорами.

В настоящее время лотки акведука 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 1,0...2,5 м/с. При пересечении оросительным каналом насыпей дорог или каналов устраивают водопропускные трубы круглого сечения, железобетонные, изготовленные заводским способом.

Глава 9. СПОСОБЫ И ТЕХНИКА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

§ 46. Общие сведения о технике орошения

Техника орошения — одно из наиболее сложных и ответственных агромелиоративных мероприятий орошаемого земледелия. От правильного выбора способа орошения, организации и осуществления техники полива зависит: создание оптимального водного, воздушного, солевого и питательного режимов почв, а следовательно, и получение высоких и устойчивых урожаев; повышение плодородия почв и обеспечение благоприятного мелиоративного

состояния орошаемых земель; экономное использование оросительной воды; высокая производительность труда на поливе.

Техника полива включает три вопроса: способы полива, технику распределения оросительной воды и организацию полива.

Под техникой полива понимают комплекс вопросов, среди которых организация полива (выбор поливных и дождевальных машин, подвижных насосных станций в увязке с пропускной способностью каналов и трубопроводов) имеет решающее значение.

В настоящее время применяют следующие способы орошения: самотечный поверхностный, дождевание, внутрипочвенное орошение, капельное орошение, мелкодисперсное (аэрозольное).

При самотечном поверхностном орошении вода распределяется по поверхности почвы различными способами: по поливным бороздам, которые нарезают перед поливом в междурядьях пропашных, и по поливным полосам, образующимся на поле после устройства временных земляных валиков.

При поливе по бороздам вода движется по нарезанным по полю углублениям — бороздкам не по всей поверхности, а только посредине междурядий, при этом под слоем воды находится лишь 20...30% поверхности пашни, а остальная почва в рыхлом состоянии. Увлажнение почвы между бороздами происходит путем инфильтрации и рассасывания воды по капиллярам. При небольших затратах оросительной воды создаются благоприятные для растений водный и воздушный режимы почвы. Рыхлением или уплотнением поверхности борозды можно изменять поливные нормы в 2...3 раза. Это придает поливу большую гибкость и широкий диапазон применения.

§ 47. Полив по бороздам

Полив по бороздам — наиболее совершенный способ самотечного поверхностного полива. По воздействию на почву и растение, созданию водного, воздушного и питательного режимов он применим не только в овощеводстве, но и в полеводстве. Бороздование поверхности позволяет применять полив практически на всех почвах, рельефах и уклонах местности при небольших объемах планировочных работ. Поливные борозды нарезают одновременно с посевом или пропашкой междурядий сельскохозяйственных культур, то есть нарезка борозд хорошо увязывается с технологией посева и ухода за культурами.

Для нарезки поливных борозд применяют тракторные культиваторы, оборудованные лапами-бороздорезами.

При поливе по бороздам, учитывают почвенные условия, рельеф и уклоны местности, ширину междурядий или расстояние между бороздами.

В зависимости от механического состава и окультуренности почвы, и в частности от глубины пахотного слоя, а также назначения полива (стимулирующие, вегетационные, влагозарядковые)

борозды могут отличаться по сечению, а следовательно, и объему заполнения.

Глубина и ширина поливных борозд. По глубине и объему заполнения, а следовательно, и гидравлическим особенностям различают мелкие, средние и глубокие борозды. Мелкие борозды имеют глубину 10...15 см, ширину поверху 30...35 см, средние соответственно 15...20 и 40...45 см, глубокие — 20...30 и 50...60 см. Мелкие борозды применяют для культур с узкими междурядьями и при ленточных посевах. Они проходят в пахотном слое и обладают хорошей водоотдачей. Средние борозды, нарезаемые в междурядьях 60—70 см, проходят в пахотном слое и обладают не только хорошей водоотдачей, но и значительным объемом заполнения. Глубокие борозды нарезают в широких междурядьях (80...90 см). Глубина их 20...25 см, а при влагозарядковых поливах до 30 см. Такая борозда обладает большим объемом заполнения, но слабой водоотдачей.

С целью повышения водоотдачи борозды применяют борозды-щели конструкции ЮЖНИИГиМ. Борозда-щель имеет общую глубину 30...40 см; ширина щели 2...3 см, глубина 15...20 см. При поливе по бороздам зерновых и многолетних трав борозды устраивают по глубине средними или глубокими, с тем чтобы они не заплывали за осенне-зимний период. При нарезке глубоких борозд с осени одновременно с посевом озимых колосовых или многолетних трав лучше задерживаются осадки и талые воды, что способствует лучшим всходам и укоренению растений. Кроме того, предварительная нарезка борозд при необходимости дает возможность проводить стимулирующие поливы. В местах, подверженных пыльным бурям, посев зерновых и других культур с одновременной нарезкой борозд защищает их от выдувания. С целью защиты от выдувания (срезание песком) овощных культур применяют нарезку так называемых борозд-террас. В отличие от обычных эти борозды имеют терраски, то есть уступы, на которых высаживают машинами рассаду капусты или томатов, а ограждающие валики защищают растения от выдувания. Вслед за высадкой рассады проводят полив.

В таблице 18 приведены сечения поливных борозд и расстояния между ними.

Таблица 18. Примерные сечения поливных борозд и расстояния между ними в зависимости от механических свойств почв

Борозды	Поперечное сечение		Расстояние между бороздами, см	
	глубина, см	ширина поверху, 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

Расстояние между поливными бороздами. Как уже отмечалось, диапазон применения борозд чрезвычайно широк; их используют не только для полива, но и для водорегулирования. Например, глубокая борозда-щель может переводить поверхностный сток во внутрипочвенный. В зависимости от назначения борозды нарезают на разном расстоянии. Для полива пропашных, плодовых, ягодных и овощных культур нарезку поливных борозд проводят в междурядьях. При узких междурядьях или ленточных посевах применяют мелкие борозды, при междурядьях (80...100 см) — глубокие и широкие борозды. При длинных (300...400 м) бороздах, в которые дают расход воды 3...5 л/с, ширину междурядий доводят до 90...100 см. Такая ширина междурядий необходима не только для нарезки глубоких и широких борозд, но и для междурядной обработки культур, так как при большой длине борозд и повышенной скорости движения тракторных агрегатов увеличивается производительность труда. Однако расстояние между бороздами не всегда определяется шириной междурядий. При поливе по засеваемым бороздам или при поливе по бороздам широкорядных посевов зерновых и трав при нарезке борозд приходится учитывать механические свойства почв и грунтов, степень увлажнения почвы, близость стояния грунтовых вод и др. На пойменных землях с близким стоянием грунтовых вод борозды нарезают не в каждом междурядье, а через одно. Особенно эффективна такая нарезка борозд и полив для культур с узкими (45...50 см) междурядьями. В этом случае гребни борозд не размываются, а оставшаяся сухими, облегчая проход поливальщика. Полив через междурядье дает возможность снизить поливные нормы с 700...800 до 300...400 м³/га, то есть на 45...50%, а за счет экономии времени полива повысить производительность труда не менее чем на 35...40%. В ранний период роста и развития растений при проведении подпитывающих поливов, когда не требуется давать большое количество воды, особенно эффективны поливы через междурядье. 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 ($m=411$ м³/га) по сравнению с бороздами, нарезанными через 0,7 м ($m=830$ м³/га).

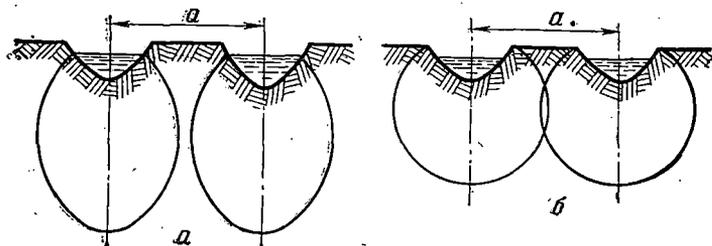


Рис. 28. Контуры промачивания легких (а) и средних и тяжелых (б) почв при поливе по бороздам.

На рисунке 28 приведены контуры промачивания легких и тяжелых почв при поливе по бороздам.

В зависимости от почвенных условий, рельефа местности, уклона, а также технологии поливные борозды могут быть двух типов: тупыми затопляемыми и проточными.

§ 48. Тупые затопляемые борозды

Тупые затопляемые борозды применяют на различных почвах, но на легких они более эффективны. Тупые затопляемые борозды находят применение и при малых уклонах — 0,0005...0,003, которые характерны для пойм, плавней и дельт рек. Для равномерности затопления поперечные уклоны не должны превышать 0,008...0,01*. Длина поливных борозд обычно 25...50 м, максимум 100 м. Однако при поливе по тупым затопляемым бороздам, при устройстве перемычек их можно применять и при уклонах до 0,004...0,005, причем длина их может достигать 200...300 м. Затопляемые борозды в зависимости от влажности почвы и близости грунтовых вод можно нарезать в каждом междурядье и через междурядье. При поливе через междурядье полив по затопляемым бороздам дает возможность на пойменных землях снизить поливные нормы с 600...800 до 300...400 м³/га, то есть в 2 раза, и тем самым приблизиться к поливным нормам при дождевании. 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 м³/га. Этого нельзя сделать ни при одном самотечном поверхностном поливе. Полив по затопляемым бороздам обеспечивает высокое использование оросительной воды и защищает почву от эрозии.

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

Чтобы борозда была увлажнена равномерно по длине, время смачивания $T_{\text{смач}}$ должно быть наиболее коротким. Для этого в период смачивания в борозду дают расход от 1 до 3 л/с, следя, чтобы почва при этом не подвергалась эрозии. Во избежание размывов скорость движения воды в борозде следует поддерживать в пределах 0,10...0,2 м/с, в среднем 0,15...0,16 м/с. От времени заполнения борозды $T_{\text{зап}}$ 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. Длину борозды l определяют по формуле

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

* Поперечные уклоны учитывают при поливе дождеванием с одновременной нарезкой прерывистых борозд на больших уклонах местности.

где h_2, h_1 — глубины стояния воды соответственно в конце и голове 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, вычисляемого по формуле

$$qt = bhl,$$

где $bh = \omega$ — живое сечение борозды, определяемое по формуле

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

и объема впитывающейся воды в период смачивания и заполнения (без учета на испарение).

$$W_{\text{впит}} = v' P' t^\alpha,$$

где 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; v — скорость впитывания, м/ч; P' — площадь смачивания борозды, м²; t — продолжительность заполнения борозды, ч; α — коэффициент затухания скорости впитывания во времени, равный 0,5...0,6.

Отсюда общий объем поданной воды и расход воды в борозду определяют по выражению

$$W = qt = l(bh + vP't^\alpha), \quad q = \frac{W}{t}.$$

Пример. Средняя глубина в борозде $h_{\text{ср}}=0,15$ м, ширина по дну $b=0,1$ м, средняя площадь зеркала воды в борозде $b_{\text{ср}}=0,25$ м², площадь смачивания $P'=\lambda P$ 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 будет равен: $W=qt=100(0,25 \cdot 0,15 + 0,06 \cdot 0,94 \cdot 1) = 9,3 \text{ м}^3$, откуда расход воды в борозду

$$q = W/t = 9,3/3600 = 0,0025 \text{ м}^3/\text{с}, \quad \text{или} \quad 2,5 \text{ л/с.}$$

Тупые затопляемые борозды благодаря небольшой длине хорошо вписываются в микрорельеф, что позволяет успешно применять их на пойменных землях и плавнях, в дельтовой части реки, отличающихся, как известно, не только западинами и изломами местности, но и слаборазвитыми почвами. Для определения отдельных элементов техники полива пользуются общим положением, что объем поданной воды (м³/га) соответствует объему (м³/га) впитавшейся воды. По А. Н. Костякову

$$qt = \frac{mal}{10\,000} \quad \text{или} \quad qt\,3600 = \frac{m\,1000al}{10\,000}.$$

Путем преобразования все элементы техники полива по бороздам и напуском по полосам могут быть определены по выражениям:

$$q = \frac{mal}{36\,000t}; \quad t = \frac{mal}{36\,000q};$$

$$m = 36\,000 \frac{qt}{al}; \quad l = 36\,000 \frac{qt}{ma},$$

где m — поливная норма, м³/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 длина борозд и расходы воды в борозду. Для обычных борозд расход воды дается меньше, чем для удлиненных. Уменьшение расхода воды в борозду увеличивает продолжительность полива и поливную норму.

Ниже приведены длины и удельные расходы воды при поливе по затопляемым бороздам для средних суглинков (при скорости впитывания $v=6...10$ см/ч).

Уклоны	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

§ 49. Полив по проточным поливным бороздам

Полив по проточным поливным бороздам применяют на суглинистых почвах различного механического состава. Полив проводят на хорошо выровненной поверхности при повышенных уклонах (0,004...0,01), по средним по размеру бороздам, подошва которых проходит в пахотном слое почвы. Полив по проточным бороздам в зависимости от влажности почвы, глубины грунтовых вод, периода роста и развития растений может проводиться в каждое междурядье и через междурядье. Как и при поливе по тупым затопляемым бороздам, при поливе через междурядье поливная нор-

ма снижается на 45...50%, а производительность труда повышается на 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 ходит не по мокрой борозде, а по сухому междурядью.

Полив по проточным бороздам проходит в два этапа — смачивание и впитывание.

Для равномерного увлажнения борозды по всей длине необходимо, чтобы время смачивания $T_{смач}$ было примерно в 5...6 раз короче $T_{впит}$ борозды. Поэтому при поливе по проточным бороздам полив проводят переменной струей. Вначале с целью быстрого смачивания борозды, а следовательно, создания примерно одинаковой инфильтрации, по всей длине дают повышенный удельный расход воды от 1 до 3 л/с. Когда вода пройдет 85—90% длины борозды, расход воды в голове уменьшают в 2...3 раза и доводят до 0,5...1,0 л/с. Слишком резкое уменьшение расхода при большой длине борозд затягивает продолжительность полива и увеличивает поливную норму. Практически это делают так: в период смачивания в одну борозду вода подается одновременно 2...3 сифонами или трубочками, а в период подпитывания — только одним сифоном или трубочкой, остальные переносят для полива в другую секцию борозд.

В период смачивания, то есть подачи больших расходов воды, следят, чтобы не было размыва борозд.

Зная уклон дна борозды i и допустимые неразмывающие скорости v , можно быстро подобрать необходимые параметры борозды (табл. 19).

Таблица 19. Изменение максимальных расходов и неразмывающих скоростей движения воды в борозде в зависимости от уклона для темно-каштановых суглинистых почв Заволжья (по данным Н. П. Старовой)

Уклон дна борозды	Расход воды, л/с	Глубина воды в борозде, см	Смоченный периметр, см	Живое сечение, см ²	Скорость движения, см/с	Гидравлический радиус, см	Коэффициент шероховатости по Н. Н. Павловскому
0,002	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
0,003	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
0,015	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 это более сложный вид бороздного полива, и поэтому требуется навык у поливальщиков. Для установления расходов воды и продолжительности полива при заданной поливной норме

обычно проводят опытный полив наиболее типичных участков. В целях контроля за равномерностью увлажнения почвы по длине борозд наблюдают за контурами промачивания. Контуры промачивания, а по ним объемы впитавшейся воды определяют в голове, середине и конце поливной борозды в 2...3-кратной повторности. Равномерность промачивания определяют при помощи датчиков или же буром-щупом. Влажность определяют по оси борозды в откосе и в середине между бороздами, то есть на гребне, где обычно высажена культура. Глубину и равномерность увлажнения почвы контролируют с помощью стального стержня-щупа диаметром 5...7 мм и длиной 1 м. После одного-двух поливов контур промачивания можно установить поперек борозды. При неравномерном увлажнении поперечные контуры промачивания по длине борозды (в начале, середине и конце) будут разными. Если они будут резко отличаться один от другого, значит, полив проводят неправильно.

Определив контуры промачивания и подсчитав по ним объемы вылитой воды в пересчете на 1 га (м^3), качество полива, то есть равномерность увлажнения борозды, можно определить по коэффициенту равномерности полива K_p :

$$K_p = m_{\text{кон}} / m_{\text{нач}}$$

где $m_{\text{нач}}$, $m_{\text{кон}}$ — поливная норма в начале и конце борозды, $\text{м}^3/\text{га}$.

При хорошем качестве полива $K_p = 0,85 \dots 0,9$, при удовлетворительном $K_p = 0,75 \dots 0,8$, при плохом $K_p = 0,5 \dots 0,6$. При плохой равномерности увлажнения агроном, контролирующей полив, должен принять меры по улучшению его качества. Помимо полива по проточным бороздам, переменной струей проводят полив нормой добегания.

В этом случае подбирают такой расход вод в борозду q и время полива t , чтобы за время полива, то есть за время продвижения струи до конца борозды (90...95% ее длины), могло впитаться такое количество воды, которое бы соответствовало заданной поливной норме. Для этого надо хорошо знать водопроницаемость почвы, так как между объемом поданной qt и объемом впитавшейся воды vt должен стоять знак равенства.

При поливе нормой добегания $m_{\text{доб}}$ продолжительность добегания струи до конца борозды $t_{\text{доб}}$ и длину добегания $l_{\text{доб}}$ определяют по формуле

$$m_{\text{доб}} = \frac{10\,000qt}{\alpha l}; \quad t_{\text{доб}} = \left(\frac{vp'l}{q} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}; \quad l_{\text{доб}} = \frac{qt}{vp'}$$

где v — средняя скорость впитывания, $\text{м}/\text{ч}$; p' — активный смоченный периметр или поверхность впитывания борозды, м^2 ; q — расход воды в борозду, $\text{м}^3/\text{с}$; α — коэффициент затухания скорости впитывания, равный 0,2...0,8.

Длина проточных борозд зависит от механического состава почв, рельефа и уклона местности. Чем лучше спланирована по-

верхность 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 борозду. В зависимости от длины борозды поливные нормы нетто бывают от 600 до 1000 м³/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 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, изменяется от 0,06 до 0,15 м/ч; p' — площадь смачивания 1 м борозды, $p' = \lambda P$, м²; P' — смоченный периметр борозды, м; λ — коэффициент, учитывающий действие капиллярных сил, для песчаных почв $\lambda = 1,5$, для глинистых — $\lambda = 2,5$; t — продолжительность полива, ч; α — коэффициент затухания скорости впитывания во времени, $\alpha = 0,2 \dots 0,8$; m — поливная норма нетто, м³/га; a — расстояние между бороздами, $a = 0,6 \dots 0,9$ м; l — длина поливных борозд, $l = 200 \dots 500$ м (в расчетах $l = 1$).

§ 50. Полив по проточным бороздам со сбросом

Полив по проточным или сквозным бороздам со сбросом обычно применяют в предгорных районах, где уклоны местности достигают 0,03...0,05 и где полив по другим бороздам осуществить трудно. При таком поливе вода, поданная в голову борозды, не задерживается в конце, а идет на сброс, то есть поступает в нижерасположенную, как правило, одностороннюю, выводную борозду и используется для полива растений на нижерасположенной площадке. Полив по проточным бороздам со сбросом применяют на тяжелых суглинистых, часто малоразвитых почвах, подстилаемых на небольшой глубине галечником. Такие поливы проводят по мелким или среднеглубоким бороздам, обладающим наибольшей водоотдачей. Продолжительность полива зависит от водопроницаемости почв. Разрыхление почвы, то есть увеличение активной порозности, повышает впитываемость борозд и уменьшает сброс. На уплотненных почвах увеличивается сброс воды и затягивается продолжительность полива. Полив по проточным бороздам со сбросом проводят в два 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 борозды позволяет уравновесить скорость впитывания воды в головной и хвостовой частях и тем самым обеспечить более равномерное вертикальное и горизонтальное промачивание, то есть резко повысить качество полива. Поэтому в период смачивания расход воды в голове борозды в зависимости от ее длины доводят до 1,0...1,5 л/с и более, следя при этом, чтобы он соответствовал объему заполнения борозды и чтобы не было размыва борозды. После смачивания, то есть когда вода пройдет примерно 80...90%

длины борозды, расход воды сокращают в 2...3 раза и более, или до 0,25...0,5 л/с, и переходят на подпитывание и сброс воды. Сброс воды в конце борозды возрастает с насыщением почвы влагой, то есть по мере того, как неустановившийся процесс впитывания будет переходить во вторую фазу — фильтрацию. Это наступает через 2...3 ч после начала полива. Если сброс большой — 60...80%, то полив прекращают или снижают расход воды в голове борозды.

В качестве контроля может быть сравнение контуров промачивания в начале и конце борозды и вычисление коэффициента равномерности полива K_p .

Поливную норму при поливе по проточным бороздам со сбросом определяют по разности поданного количества воды в голове борозды $m_{\text{под}}$ и сброшенной воды $m_{\text{сбр}}$.

$$m_{\text{нт}} = m_{\text{под}} - m_{\text{сбр}}$$

Сброс воды изменяется во времени обратно пропорционально скорости впитывания. По мере насыщения почвы влагой скорость впитывания снижается, а сброс увеличивается. Зная изменения скорости впитывания по времени, можно регулировать длительность полива и прекращать его в тот момент, когда сброс достигнет недопустимого значения — 30...50%.

При поливе по проточным бороздам со сбросом продолжительность полива и остальные элементы определяют по формулам

$$t = \frac{mat}{36\,000q(1-\delta)}; \quad q = \frac{mat}{36\,000t(1-\delta)}$$

Таблица 20. Основные элементы техники полива по бороздам при постоянном и переменном расходе в борозду в зависимости от водопроницаемости почв и уклона*

Водопроницаемость почв	Уклон	Длина борозды, м	Расход воды в борозду, л/с		Продолжительность полива при $m=800 \text{ м}^3/\text{га}$ по данным полевого опыта, ч
			постоянный	переменный	
Сильная ($v=12...15$ см/ч)	0,001	80	0,7	0,8/0,5	2,0...2,5
	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
	0,01	80	0,3	0,4/0,3	4,5...5,0
	0,03	60	0,1	0,15/0,1	12,0...14,0
Средняя ($v=6...8$ см/ч)	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
	0,01	100	0,3	0,4/0,2	7,0...7,5
	0,03	80	0,1	0,15/0,07	16,0...18,0
Слабая ($v=3...4$ см/ч)	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
	0,01	150	0,3	0,4/0,15	9,0...10,0
	0,03	100	0,1	0,20/0,05	18,0...20,0

* При средней и хорошей выровненности микрорельефа возможно увеличение длины борозд, а следовательно, и расхода на 20...25%.

где t — продолжительность полива, ч; m — поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$; a — расстояние между бороздами, м; l — длина борозды, м; q — расход воды в борозду, л/с; δ — сброс воды в долях от поданного объема воды, $\delta=0,2 \dots 0,6$.

Благодаря большому сбросу поливной воды, а следовательно, низкому коэффициенту ее использования полив по проточным бороздам в обычных условиях не рекомендуется.

Поливные нормы нетто при поливе по проточным бороздам со сбросом колеблются в зависимости от почвы, уклона, длины борозды и удельного расхода от 700 до 900 $\text{м}^3/\text{га}$, а поливная норма брутто при среднем сбросе $m_{\text{сбр}}=30\%$ достигает 1000...1200 $\text{м}^3/\text{га}$.

В таблице 20 приведены примерные элементы техники полива по незатопляемым бороздам при поливе постоянной и переменной струей в зависимости от уклона (данные КазНИИВХ).

§ 51. Полив напуском по полосам

Для орошения узкорядных культур, а именно зерновых колосовых, однолетних и многолетних трав применяют полив напуском по полосам. Однако его можно использовать и для полива других культур в сочетании с нарезкой борозд. При поливе напуском по полосам вода движется по поверхности, покрывая ее слоем 2...3 см. Для направления движения воды полосе с двух сторон ограничивают валиками или открытыми канавами. Различают два вида полива напуском по полосам: напуск из горизонтальных канав (с боковым пуском воды) и напуск с головным впуском воды на поливную полосу (рис. 29).

Напуск из горизонтальных канав обычно применяют в предгорных районах при орошении зерновых, трав, плодовых культур и винограда, где уклоны достигают 0,02...0,03 и более. Горизонталь-

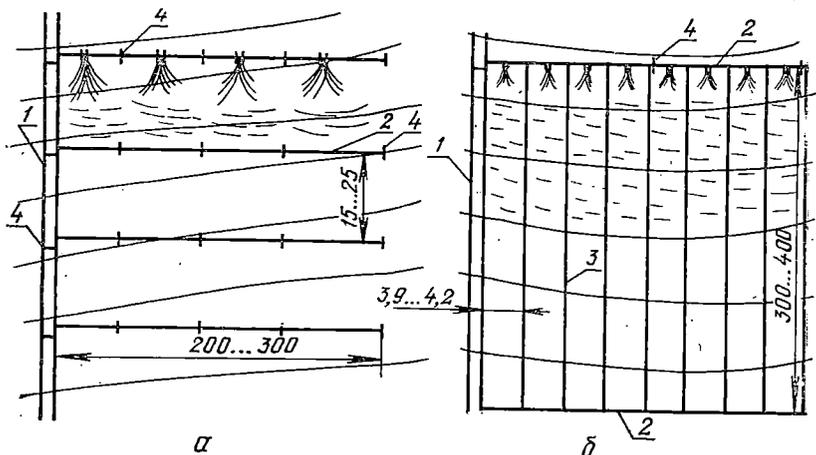


Рис. 29. Полив напуском по полосам:

а, б — с боковым и головным пуском воды; 1 — ороситель; 2 — выводная борозда; 3 — валики; 4 — перемышки. Размеры в м.

ные каналы нарезают каналопателями КЗУ-0,3 или ҚОР-500 глубиной 0,35...0,4 м почти по горизонталям местности с уклоном 0,0005...0,001 на расстоянии 20...30 м и не более 50 м одна от другой. Для полива плодовых культур и винограда горизонтальные каналы нарезают вдоль рядов с низовой стороны так, чтобы канава могла служить не только для полива, но и для перехвата и использования весенних талых и ливневых вод.

Напуск из горизонтальных каналов применяют на тяжелых суглинистых почвах и неспланированных или слабоспланированных площадях, так как в предгорных районах почвы не всегда хорошо развиты и часто на небольшой глубине подстилаются галечником. Поэтому при неспокойном микрорельефе горизонтальные каналы обычно имеют большие изгибы. При больших неровностях местности каналы нарезают по командным точкам, то есть бугровым потяжинам. В таких случаях полив проводят свободным напуском. Длина полос напуска из горизонтальных каналов в зависимости от микрорельефа колеблется от 100 до 300 м и более.

Полив напуском из горизонтальных каналов проводят повышенными расходами — от 25 до 100 л/с. Из-за больших уклонов и повышенных расходов полив выполняют по задернованной почве, то есть многолетним травам или зерновым перекрестного сева. Это защищает почву от водной эрозии.

При поливе из горизонтальных каналов вода подается в конец канала и выпускается 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. Таким искусством полива обладают только опытные поливальщики. Чтобы избежать сброса, вода при поливе с верхней полосы поступает в нижерасположенную канаву и используется для полива. С этой целью нижерасположенную горизонтальную канаву делают односторонней. Вода, поступившая сверху, накапливается в этой канаве, в нее добавляют пропорционально сбросу примерно $\frac{2}{3}$ воды, и она также включается в полив. Сбросная вода из второй канавы поступает в нижерасположенную третью канаву, в нее также добавляют свежий приток воды и ее тоже включают в полив. При правильной организации полива, когда работают по склону все горизонтальные каналы и вода течет с верхнего яруса на нижние, полив из горизонтальных каналов принимает вид каскадного полива. Удельный расход воды на 1 м ширины полосы обычно устанавливается опытным путем. Так как такой полив проводят по задернованной почве или густому стеблестою, то удельный расход здесь колеблется от 10 до 15 л/с. При малых расходах невозможно равномерно распределить воду по площади, прилегающей к водовыпуску, и полив становится малопродуктивным.

Напуск с головным выпуском воды применяют для полива узкорядных культур, но он пригоден и для орошения плодовых,

ягодных и других культур. Его применяют на малых и больших уклонах, то есть в отношении уклонов местности он имеет более широкий диапазон, чем напуск из горизонтальных канав. Наиболее приемлемы продольные уклоны 0,002...0,01. Вода из картových оросителей или полевых трубопроводов, а при продольной схеме из выводных борозд поступает на полосы шириной в один (3,6...4,2 м) или в два (7,2...8,4 м) прохода дисковой сеялки, ограниченные с боковых сторон земляными валиками высотой 0,3...0,4 м. Валики устраивают одновременно с проходом сеялки. При посеве зерновых и трав их засевают. Для поделки валиков перед сеялкой устанавливают полосообразователь — типа риджера. Ширина его захвата равна ширине захвата сеялки (3,6...4,2 м). Во время движения полосообразователь, срезая рыхлую почву слоем 2...3 см, пропускает ее через узкое (0,4...0,5 м) отверстие и отсыпает валик. Чтобы валик не разрушался при проходе сеялки, штанги высевающих аппаратов, идущих по валику, регулируют. Поделка валиков одновременно с посевом и типы полосообразователей приведены на рисунке 30. Нарезку валиков при поделке полос без агрегатирования с сеялкой проводят при помощи каналокопателей-валикоделателей. Валики в этих случаях нарезают на расстоянии, равном агрегату сеялок с захватом 3,6...4,2 м; ширина полос в этом случае при отсутствии поперечного уклона может достигать 20...25 м. Производительность нарезки валиков достигает 1,5...3,4 км/ч. При отсутствии специальных машин полосы напуска для проведения влагозарядковых поливов можно нарезать плугами с удлиненными вторым и третьим отвалами.

При поливе напуском с головным впуском воды особое внимание обращают на выравнивание поверхности полосы и наличие поперечного уклона. Поперечный уклон вообще не желателен. Допустимый поперечный уклон даже для узких (3,6...4,2 м) полос не более 0,002...0,003. При больших поперечных уклонах и тем более широких полосах вода скатывается к нижнему валику и неравномерно увлажняет поверхность полосы. Нередко вода прорывает валик и при поливе устремляется не вдоль, а поперек полосы, разрушая другие валики. Особое внимание должно быть обращено на заравнивание приваликовых борозд, образуемых при нарезке валиков. При наличии приваликовых борозд вода не заливает полосы, а идет вдоль валика и в местах подпора разрушает их. Поэтому при поделке валиков одновременно с посевом зади сеялки должны цепляться легкие волокуши. При поделке широких (15...20 м) полос после нарезки валиков при помощи КЗУ-0,3Б перед посевом пускают легкие тракторные волокуши для заравнивания приваликовых борозд. Помимо выравнивания поверхности, перед посевом культур для равномерного распределения воды по полосе во время полива пользуются поливной доской.

Полив напуском с головным впуском имеет правильную геометрию расположения полос и элементов оросительной сети на орошаемом участке, поэтому он известен как культурный напуск.

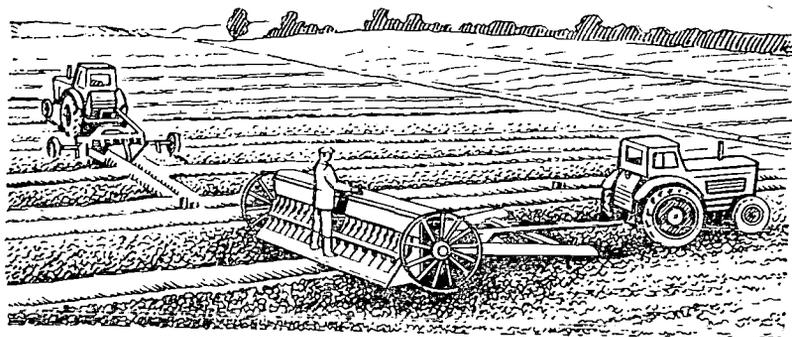


Рис. 30. Посев с одновременной нарезкой полос.

Поливные нормы при таком способе изменяют от 1000 до 1500 м³/га. 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 t , соответствовало заданной поливной норме, то есть количество поданной воды соответствовало бы количеству впитавшейся воды.

$$qt = vt^\alpha,$$

где q — расход воды, л/с; v — скорость впитывания, $v = 0,05 \dots 0,15$ м/ч; t — время полива, $t = 4 \dots 12$ ч и более; α — коэффициент затухания скорости впитывания во времени, $\alpha = 0,2 \dots 0,8$, в среднем 0,5.

Зная удельный расход воды q на 1 м ширины полосы и ширину полосы a , определяют расход воды на полосу. При $q = 5,0$ л/с и $a = 8,4$ м

$$q_n = qa = 5,0 \cdot 8,4 = 42,0 \text{ л/с.}$$

При поливе нормой добегаания подачу на полосу прекращают после того, как вода пройдет 75...85% длины полосы, во избежание конечного сброса; это требует большого навыка у поливальщиков. Полив нормой добегаания дает возможность уменьшить поливные нормы до 600...800 м³/га. Возможность регулирования поливных норм за счет умелого подбора q , t и l делает напуск довольно гибким способом самотечного полива. При одном и том же удельном расходе воды на полосу уменьшение уклона в 2 раза обычно увеличивает продолжительность полива и норму полива на 60%, а производительность труда снижает в 2 раза.

Кроме полива нормой добегаания, полив напуском по полосам проводят и переменной струей. Полив переменной струей, то есть сочетание нормы добегаания с нормой подпитывания, позволяет точнее регулировать поливную норму, особенно когда ее приходится увеличивать при влагозарядковых поливах. При поливе переменной струей полосу напуска поливают, как и незатопляемую борозду, в два этапа: смачивание и подпитывание. Для смачивания полосы дают большой расход воды — от 10 до 15 л/с и более,

на 1 м ширины полосы, а затем его уменьшают в 2...3 раза и проводят подпитывание. При длинных (300...350 м) полосах в период подпитывания удельный расход воды не рекомендуют брать менее 3...4 л/с, так как это не только затягивает полив, но и не дает равномерного покрытия поверхности слоем воды. Полив напуском по полосам с головным впуском воды со сбросом, как правило, недопустим, так как приводит к водной эрозии. На больших уклонах, если полив трудно осуществить без частичного сброса, то, как и при поливе по проточным бороздам, сбросные воды целесообразно использовать на нижерасположенных участках. Длина полос напуска с головным впуском воды зависит от механических свойств, и в частности от водопроницаемости почв, и уклона. На легких, водопроницаемых почвах они примерно в 1,5...2,0 раза короче, чем на тяжелых, и обычно не превышают 100...200 м. При хорошо спланированной поверхности поля длина полос может достигать 400...600 м. Удлинение полосы напуска требует значительного увеличения расходов воды на полосы. В опытах Южгипроводхоза изучали полосы длиной 200...500 м и шириной 20...25 м при уклонах 0,001...0,0018 с применением удельных расходов воды на полосу при вегетационных поливах от 6 до 16 л/с, а при влагозарядковых — 18...20 л/с. При сосредоточенном расходе воды и длинных полосах была достигнута высокая производительность труда (табл. 21).

Таблица 21. Сравнительная эффективность применения широких полос напуска и сосредоточенных расходов воды (Б. Г. Штепа)

Культура	Способ полива	Затраты труда на 1 га, ч		Издержки производства на 1 га, р.		Себестоимость 1 ц основной продукции, р.
		всего	на полив	всего	на полив	
Озимая пшеница, урожай 40 ц/га	Дождевание	45,4	29,1	123,1	64,1	3,02
	По бороздам или полосам	42,4	27,3	76,7	17,8	1,86
	По широким и длинным полосам	21,2	4,8	67,4	8,5	1,63
Кукуруза на силос, урожай 500 ц/га	Дождевание	98,1	31,6	238,0	60,0	0,48
	По бороздам и полосам	96,1	29,6	192,8	23,7	0,39
	По широким и длинным полосам	71,5	5,0	78,8	9,7	0,16

В зависимости от интенсивности впитывания воды в почву, наличия растительности, поливной нормы при удельном расходе воды 20 л и хорошо спланированной поверхности поля рекомендуется принимать с учетом уклона следующие длины полос с головным впуском воды (табл. 22).

Т а б л и ц а 22. Длина полосы (м) напуска с головным впуском воды в зависимости от уклона (Б. Г. Штепа)

Скорость впитывания, см/ч	Поливная норма, м ³ /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

Полив по полосам, как и полив по бороздам, требует контроля за равномерностью увлажнения. Хорошо налаженный контроль за равномерностью увлажнения почвы, а следовательно, и качеством полива является прямой обязанностью агронома-полевода, потому что в конце концов он отвечает за коэффициент полезного использования оросительной воды. Как и при поливе по бороздам, следят за глубиной и контурами промачивания почвы по длине полосы в начале, середине и конце. С этой целью буром берут образцы почвы для определения влажности ее и коэффициента равномерности K_p , который при хорошем поливе должен быть равен 0,85...0,9.

$$K_p = m_{\text{кон}}/m_{\text{нач}}$$

Возможность нарезки полос напуска различной ширины и длины, подача сосредоточенных и повышенных расходов воды, наличие засеваемых валков, возможность маневрирования поливными нормами от 600 до 1500 м³/га и более и, наконец, высокая производительность труда на поливе от 5 до 15 га и более за смену делают этот способ полива особенно перспективным в таких хлебопроизводящих степных районах, как Заволжье, юг Украины, Казахстан и др.

Для установления отдельных параметров полива напуском по полосам пользуются следующими формулами:

$$t = \left(\frac{ma}{10\,000W} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}};$$

$$q = \frac{v}{c^{2i^{0,5}}}; \quad l = 36\,000 \frac{qt}{ma}; \quad m = 36\,000 \frac{qt}{al},$$

где W — скорость впитывания воды в почву, $W=0,06...0,15$ м/с; a — ширина полосы, принимаемая в расчетах за 1 м; α — показатель изменения скорости впитывания воды в почву во времени; q — удельный расход воды на 1 м ширины полосы, м³/с или л/с; l — длина полосы, $l=200...500$ м; i — продольный уклон полосы, $i=0,001...0,01$; v — допустимая скорость движения воды по полосе, колеблется в пределах 0,10...0,2 м/с; c — скоростной коэффициент, принимаемый равным для засеянных полос 3...4, для незасеянных 5...6, m — поливная норма наетто 1000...1500 м³/га, в среднем 1200 м³/га; t — продолжительность полива, ч.

Пример. Требуется определить удельный расход воды q , длительность полива t и длину полосы l . Допустимая скорость $v=0,18$ м/с, $i=0,008$, $c=3$, $W=0,085$ м/с, $\alpha=0,5$.

$$q = \frac{v}{c^2 i^{0,5}} = \frac{0,18}{3^2 \cdot 0,008^{0,5}} = \frac{0,18}{0,036} = 5 \text{ л/с};$$

$$t = \left(\frac{m \cdot 1,0}{10\,000 \cdot 0,085} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} = \left(\frac{1200 \cdot 1}{10\,000 \cdot 0,085} \right)^{\frac{1}{1-0,5}} = 2 \text{ ч};$$

$$l = 36\,000 \frac{qt}{ma} = \frac{36\,000 \cdot 5 \cdot 2}{1200} = 300 \text{ м};$$

$$m = 36\,000 \frac{qt}{al} = \frac{36\,000 \cdot 5 \cdot 2}{300} = \frac{360\,000}{300} = 1200 \text{ м}^2/\text{га}.$$

Для практических целей основные параметры полива напуском с головным впуском воды устанавливаются при помощи готовых таблиц и графиков или номограмм. В таблице 23 приведена зависимость длины полосы, уклона и удельного расхода воды от поливной нормы.

Таблица 23. Примерная зависимость длины полосы и удельного расхода воды при поливе напуском с головным впуском воды (средние суглинки, $W=8...12$ см/ч)

Продольный уклон	Длина полосы, м	Удельный расход воды на 1 м ширины полосы, л/с	Продольный уклон	Длина полосы, м	Удельный расход воды на 1 м ширины полосы, л/с
0,02...0 01	400...350	4...6	0,006...0,004	250...200	10...12
0,01...0,008	350...300	6...8	0,004...0,002	200...150	12...14
0,008...0,006	300...250	8...10	0,002...0,001	150...100	14...16

§ 52. 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.

Обычное распределение. При таком способе поливная вода поступает из временных оросителей в выводные борозды, из них в распределительную или секционную борозду, а из секционной борозды в серию поливных борозд или полос без применения каких-либо приспособлений, то есть без трубок и сифонов, а простым открытием оголовков борозд и полос напуска. Производительность труда 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

ОЖНИИГиМ. Полив из однобортной выводной борозды проводят при продольной и поперечной схеме расположения оросителей. Длина выводных борозд колеблется в зависимости от спланированности трассы от 100 до 150 м, расход в картовый ороситель 60...100 л/с, расход воды в выводную борозду 30...50 л/с. Выводные и распределительные, то есть секционные, борозды нарезают с малым уклоном, почти горизонтально, от 0,0 до 0,0005 и максимум 0,001. Вода непосредственно из выводной борозды или через распределительные борозды поступает в открытые оголовки поливных борозд, дно которых устанавливается на одном уровне. Число одновременно включаемых поливных борозд из выводной борозды устанавливают подпорными переносными щитами. При хорошо спланированной выводной борозде длиной 100...150 м может включаться 100 поливных борозд и более, а из распределительной борозды — до 10...30. При такой тщательно подготовленной трассе выводных и распределительных борозд поливальщик может управлять расходом до 70...100 л/с, включая в полив вместе с помощником не одну, а 2...3 выводных борозды. Производительность труда при таком хорошо организованном поливе достигает 3...4 га за смену. Недостатком этого способа распределения поливной воды является тщательная предварительная подготовка участка к поливу и значительные затраты ручного труда.

Распределение поливной воды из выводных борозд и оросителей при помощи трубок и сифонов. В этом случае вода впускается в борозды и полосы напуска не по открытым заранее оголовкам поливных борозд, а через трубки и сифоны (рис. 31). Их устанавливают на одном уровне по всей длине выводной борозды или на отдельных отрезках (бьефам) временного оросителя или бетонного лотка, чтобы при помощи 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 распределение поливной воды и увлажнение почвы по длине борозды. При правильной установке трубок и сифонов путем регулирования щита переносного подпорного сооружения можно одновременно включать до 100...200 поливных борозд и более. Для одновременной подачи воды через трубки и сифоны выводные борозды и картовые оросители (при поперечной схеме) нарезают с минимальным уклоном от 0,0 до 0,0005, максимум 0,001. Полив при помощи трубок и сифонов, как правило, ведут на двух смежных участках: на одном проводят полив, другой готовят к поливу. 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 удобными и дешевыми являются полиэтиленовые трубки. Ввиду трудоемкости работ по установке трубок и особенно сифонов их, как

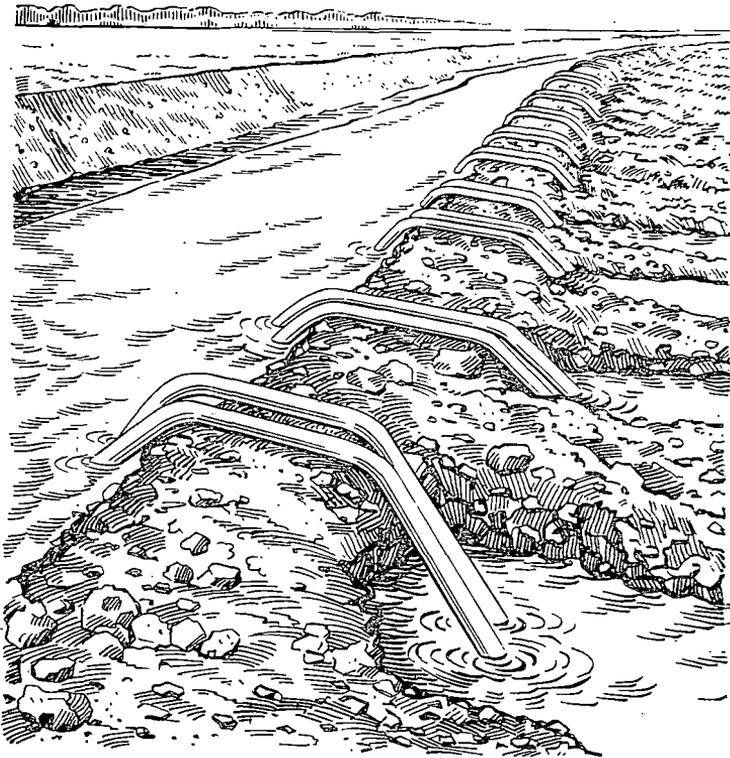


Рис. 31. Подача воды сифонами из оросителя в поливные борозды.

правило, устанавливают на весь сезон. Чтобы не повредить их при пропашке борозд, своевременно выключают лапы культиватора. Расход воды в поливную борозду зависит от напора воды и диаметра отверстия трубок (табл. 24).

Таблица 24. Расходы воды в зависимости от диаметра поливных трубок и напора, л/с

Напор, °см	18 мм	27 мм	30 мм	40 мм	45 мм
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

Во время полива работа поливальщика заключается в наблюдении за уровнем воды в оросителе, то есть в регулировании напора, очистке засорившихся поливных трубок и сифонов и продвижении воды по бороздам. Полив при помощи трубок и сифонов поливных борозд длиной 300...400 м резко повышает производительность труда поливальщика — до 3...4 га за смену. Пропускная способность сифонов зависит от напора и диаметра отверстия (табл. 25).

Таблица 25. Расходы воды, поступающие через сифоны с различным диаметром, в зависимости от разности уровней воды в верхнем и нижнем бьефе, л/с

Напор воды, см	Внутренний диаметр, 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

Распределение поливной воды при помощи металлических и гибких полиэтиленовых и капроновых поливных трубопроводов. Поливные трубопроводы применяют при уклонах 0,002...0,015 и более. Их прокладывают вместо выводных борозд. В трубопроводах устраивают отверстия на расстоянии один от другого, равном ширине междурядий 60...70 см. Металлические трубопроводы состоят из труб длиной 5,0 м. Отверстия в металлических трубах оборудованы водовыпусками с насадками повышенного сопротивления, которые гасят излишний напор и обеспечивают свободное истечение воды без размыва борозды. В зависимости от напора в трубопроводе отверстия пропускают расход воды от 0,3 до 1,5 л/с. Трубопровод лучше работает, если в начале его напор равен 3...6 м, минимальный напор 1 м. Длина металлического поливного трубопровода 150...200 м и более. Работы по укладке металлических трубопроводов выполняют вручную. Для полива очень удобны трубы-шлейфы длиной 200...300 м с полозьями, которые перемещают волоком. При перемене позиции трубы демонтируют и перевозят на тракторной тележке. Для включения в полив большего числа поливных борозд трубопроводы прокладывают с небольшим уклоном — 0,0005...0,001.

Гибкие капроновые и полиэтиленовые трубопроводы легче металлических. Гибкие поливные трубопроводы прокладывают в междурядьях растений, убирают их путем специального навесного намоточного устройства, смонтированного на тракторе Т-28. Прокладка и уборка гибких трубопроводов полностью механизирована.

на. Диаметры гибких трубопроводов или шлангов 200, 250, 300, 350 и 420 мм.

Капроновые шланги могут работать под напором 3...4 м. Изливаясь из отверстий, вода при этом не размывает почву. Отверстия в гибких трубопроводах устраивают 14,7; 16,7; 18,7 и 20,7 мм. Водовыпускные отверстия у гибких трубопроводов оборудованы клапанами с конусными пробками для регулирования подачи воды в борозды и перекрытия отверстий. Благодаря герметичности конусных пробок поливной трубопровод на любом участке можно превратить в транспортирующий.

В зависимости от напора в трубопроводе вода в борозды поступает с расходом от 0,11 до 1,0 л/с. При увеличении его до 0,7...1,5 л/с применяют трубы с диаметром водовыпускных отверстий 25 мм, а при расходах от 1 до 2 л/с — до 30 мм. При поливе напуском по полосам используют трубы с большими отверстиями.

Вода в поливные гибкие трубопроводы поступает из картовых оросителей или из транспортирующих гибких трубопроводов. Транспортирующие гибкие трубопроводы заменяют картовые оросители. Поливное устройство ВНИИГиМ (И. И. Величко) заменяет не только выводные борозды, но и временные оросители. Комплект поливного устройства ВНИИГиМ состоит из нескольких звеньев транспортирующих трубопроводов длиной 100...120 м, диаметром 350...420 мм, а также 4...5 поливных трубопроводов из звеньев длиной по 100...120 м, диаметром 200...300 мм и навесного наматочного устройства. Отдельные звенья транспортирующих и поливных трубопроводов соединяют с помощью жестких муфт и хомутов. В местах ответвления поливных трубопроводов от транспортирующих устанавливают тройники или крестовины. Для большей устойчивости гибкие трубопроводы прокладывают по предварительно нарезанной борозде. С целью равномерной раздачи воды в борозды и полосы поливные трубопроводы укладывают с таким расчетом, чтобы геодезическая высота, или напор, соответствовал потерям напора на трение. Уклон обычно принимают не более 0,001. Металлические трубопроводы и гибкие шланги лучше применять при двустороннем командовании оросителей. При продольной схеме транспортирующие или полевые трубопроводы идут по большему уклону, а поливные — почти вдоль горизонталей, при поперечной схеме они параллельны транспортирующему трубопроводу или картовому оросителю. Из транспортирующих металлических или гибких трубопроводов вода в поливные трубопроводы поступает через гидранты, из картовых оросителей — через трубчатые водовыпуски. При недостатке напора или заборе воды из оросителей, находящихся в выемке, применяют водозаборное устройство ПВУ-200.

Применение металлических и гибких капроновых или полиэтиленовых трубопроводов или шлангов позволяет проводить полив широким фронтом 2...3 участков с одновременным включением в полив из одного трубопровода 200...300 поливных борозд. По срав-

чению с обычным поливом применение трубопроводов повышает производительность труда в 2...3 раза. К недостаткам полива из трубопроводов относится опасность быстрого их заиливания. Поэтому надо следить, чтобы скорость движения воды в трубопроводе была не менее 0,7...0,8 м/с. Крупность наносов, поступающих в трубопроводы, не должна быть более 0,1 мм, а их содержание — более 1 г/л.

Распределение поливной воды из стационарных закрытых (подземных) трубопроводов. Этот способ распределения воды предложен в МГМИ И. А. Шаровым и Г. Ю. Шейнкиным. Поливная вода поступает в борозды из асбестоцементных трубопроводов, проложенных на глубине 35...40 см от поверхности земли. Отверстия в трубе просверливают после укладки, но до засыпки землей на расстоянии 0,7...1,0 м, или на ширину междурядий. Отверстия делают по расчету диаметром от 3 до 9 мм. Вода из отверстия выбивается на поверхность в виде отдельных родничков, образующих на поверхности воронки шириной 30...40 см, из которых она поступает в борозды. Во избежание смыкания воронок размыва изготавливают фильтры из суглинистого грунта, обработанного препаратом К-4, или отверстия засыпают гравием в количестве 8...10 кг на одну воронку. Для равномерного распределения воды по бороздам в голове трубопровода создают напор в 1,5...5,0 м.

Для трубопроводов используют асбестоцементные трубы диаметром 141, 189, 279 и 368 мм. Закрытый трубопровод обычно составляют из отдельных труб общей длиной 200...250 м, максимум 300 м.

Трубы прокладывают с небольшим уклоном — вдоль горизонталей 0,0005...0,001, чтобы геодезический набор совпадал с потерями набора на трение. Так как в процессе полива из трубопровода расход воды в нем снижается, а напор возрастает, то в целях экономии трубы прокладывают 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 от 25 до 50 л/с. Вода забирается из закрытого транспортирующего трубопровода и при помощи гидранта, установленного в колодце, подается в поливной трубопровод под напором 4...6 м. Расстояние между транспортирующими трубопроводами при продольной схеме принимается равным 400...500 м, при поперечной — 200...300 м. После открытия задвижки вода из закрытого поливного трубопровода поступает в поливные борозды автоматически на площадь 6...10 га. Распределение воды по длине поливных борозд в дневное и ночное время выполняется 1...2 поливальщиками. Один поливальщик может обслуживать два трубопровода, из которых вода поступает одновременно в 500...600 борозд. Производительность труда при этом поливе по сравнению с обычным увеличивается в 3...4 раза.

Система автоматического распределения поливной воды по бороздам, предложенная И. А. Шаровым и Г. Ю. Шейнкиным, осо-

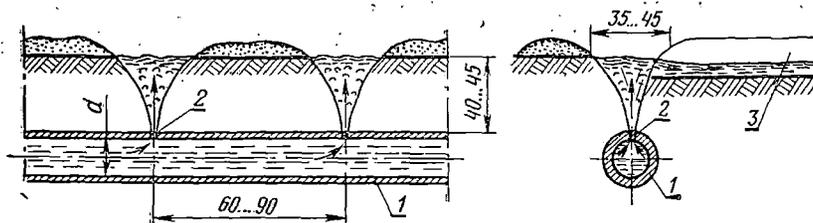


Рис. 32. Схема распределения поливной воды из закрытого трубопровода:
 1 — асбестоцементный трубопровод; 2 — водовыпускные отверстия диаметром 3...9 см;
 3 — поливная борозда.

бенно выгодна при больших уклонах — в предгорных районах на самонапорной оросительной системе, где устройство земляных каналов связано с водной эрозией. На самонапорной оросительной системе распределение воды по бороздам ведется комбинированным способом. В верхней части склона, где напор менее 4...5 м, полив проводят с помощью гибких трубопроводов, в нижней части, где напор достигает 4...5 м, применяют полив из закрытых трубопроводов (рис. 32).

Наиболее опасным при поливе из закрытых трубопроводов является засорение и заиливание трубопроводов взвешенными наносами. Поэтому скорости воды в закрытом трубопроводе должны быть не менее 0,7...0,8 м/с, а 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. Полив из закрытых трубопроводов проводится путем выпуска воды через так называемые групповые водовыпуски, которые подают воду на секцию поливных борозд. Такая схема применения групповых водовыпусков особенно приемлема при поливе многолетних насаждений, плодовых и ягодных культур и винограда.

Распределение поливной воды при помощи поливных машин. Из поливных машин наиболее хорошо зарекомендовал себя поливной передвижной агрегат ППА-165. Он состоит из комплекта оборудования: трактора Т-28Х, насосной станции ПНС-165, забирающей воду из источника орошения (водохранилища или канала), гибкого поливного трубопровода из капроновой ткани диаметром 350 мм, длиной до 500 м, заменяющего временный ороситель, и двухосной прицепной тележки с барабаном, с помощью которой трубопровод раскладывают и сматывают.

Машина ППА-165 подает общий расход воды 165 л/с. Трубопровод оснащен регулируемыми водовыпусками, подающими воду в борозды или полосы. Площадь полива ППА-165 с одной позиции составляет 8...10 га, а производительность при поливной норме 1200 м³/га равна 0,5 га/ч.

ЮжНИИГиМ разработана более высокопроизводительная поливная машина ППУ-500, забирающая воду из реки или канала с колебанием уровня воды в них до 3 м (Б. Б. Шумаков). Машина оборудована насосной станцией, двумя поливными трубопроводами и широким полотнищем с распределительным валиком. Она распределяет воду по ширине полосы и предотвращает размыв ее. Высокая производительность машины на поливе достигается при ширине полос 25...30 м и длине 300...500 м. Машину можно применять для полива культур узкорядного сева, пропашных, кормовых и долголетних культурных пастбищ. Подаваемый машиной расход воды 100...500 л/с; производительность при поливной норме 900 м³/га достигает 1,5 га/ч.

§ 53. Полив затоплением

Затоплением поливают кукурузу, люцерну, озимую и яровую пшеницу, ячмень, овес, сорго и др. Эти культуры выносят кратковременное затопление слоем воды.

При поливе затоплением вода поступает в так называемые чеки площадью от 4 до 50 га и более. Чеки в рисовых хозяйствах имеют обычно горизонтальную поверхность. Для обычных полевых культур они могут иметь уклон 0,0005...0,001. Вода, поступившая в чек, заполняет его слоем от 10 до 25 см, часть воды в чеке впитывается, а лишнюю воду при поливе полевых и кормовых культур сбрасывают. При периодическом затоплении воду подают в чек через 7...8 дней. При постоянном затоплении, например при культуре риса, слой воды 10...15 см поддерживают от всходов или от кущения до начала восковой спелости. При поливе затоплением обычных овощных и полевых культур внутри чеков нарезают глубокие борозды или полосы, то есть применяют смешанный способ полива.

В районах Заволжья (Кисловская и Средне-Ахтубинская оросительные системы) полив затоплением при мало выраженных и западинных уклонах местности применяют для кукурузы и ряда других кормовых культур. В отдельных хозяйствах при наличии чечковой сети затоплением орошают плодовые сады и овощные культуры. При нарезке глубоких борозд и быстром отводе излишних вод овощные выдерживают полив затоплением. Попытка применения полива затоплением целого ряда культур в производственных условиях объясняется: высокой производительностью труда при поливе (15...20 га за смену на одного поливальщика); возможностью осуществления контроля и автоматизацией полива (качество полива определяется наличием слоя воды в чеке от 10 до 15 см); простотой устройства мелкой регулирующей оросительной сети (вся сеть состоит из оросителей-дрен и земляных постоянных валиков).

Для равномерного покрытия чека водой и создания нужной глубины затопления чек должен иметь хорошо спланированную

поверхность. Большой перепад в отметках чеков приводит к неравномерности их затопления, застою воды и солей и как следствие к вымоканию посевов не только обычных полевых культур, но и риса. Поэтому перепад в отметках чеков в поливной карте не должен быть более 0,2...0,3 м.

Особенно хорошая выравненность поверхности чеков должна быть под полевыми культурами (зерновые, пропашные, люцерна и др.), так как застой воды в микропонижениях может не только снизить полноту всходов, но и привести к вымоканию посевов.

Полив полевых культур в чеках, спланированных под одну отметку, проводят затоплением, так как движение воды происходит только за счет напора. С целью уменьшения поливных норм и переувлажнения почвы полив полевых культур при затоплении целесообразно проводить по так называемым чекам или полосам полива или по бороздам. Чеки или полосы полива, ограниченные временными земляными валиками высотой 0,3...0,4 м, устраивают внутри чеков обработки. Чеки или полосы полива делят чек обработки площадью 4...6 га и более на участки шириной 12,5...25 м и площадью от 0,25 до 0,5 га.

Устройство чеков или полос полива, а для пропашных нарезка глубоких поливных борозд шириной поверху 0,35...0,4 м и глубиной 0,18...0,2 м обеспечивают быстрое продвижение воды, а следовательно, и более равномерное и оптимальное увлажнение почвы, снижение поливных норм в крупных чеках с 4000...4500 до 1200...1500 м³/га, защиту от застоя воды в микропонижениях и быстрое освобождение чека от избытка воды.

Длина чеков или полос полива, а также глубоких поливных борозд соответствует ширине чека обработки, а именно 200...250 м. Вода в чеки или полосы при поливе затоплением обычных культур подается из временного оросителя в водоприемную или распределительную борозду, которая объединяет секцию поливных борозд или полос напуска, устраиваемых в чеке полива. Каждый чек обслуживается одной водоприемной или распределительной бороздой.

Полив обычных полевых культур затоплением проводят сосредоточенным и повышенным расходом воды. После затопления чека полива всю излишнюю воду во избежание гибели растений отводят в водосбросной 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 при слое 0,12...0,15 м в этот период не должна превышать 0,25...0,5 сут. В период полного роста растений допустимая длительность затопления не более 1 сут.

По данным А. Н. Костякова, допустимая продолжительность затопления сельскохозяйственных культур в период вегетации не должна превышать для овощных 0,2...0,25 сут, для зерновых колосовых 0,2...0,5, для пастбищ 0,7...0,8, для сенокосов 1,0...1,5 сут.

При орошении культур затоплением очень важно правильно установить расходы воды по элементам оросительной и чековой сети. В основе расчета лежит площадь чека и поливная норма. Чем больше площадь чека и меньше расчетная норма полива, тем быстрее он заполняется водой, а следовательно, должен быть 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 воды $q_{\text{уд}}$ [л/(с·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 удельный расход воды составляет 20...40 л/(с·га), при площади чека 15...20 га удельный расход увеличивается до 60...80 л/(с·га). С дальнейшим увеличением площади чека до 40...50 га удельный расход возрастает до 100...150 л/(с·га) и более. Связь между поливной нормой m , площадью чека $\omega_{\text{ч}}$ и удельным расходом воды $q_{\text{уд}}$, по В. С. Кукушкину, применительно к светло-каштановым почвам Волгоградского Заволжья определяется выражением

$$\omega_{\text{ч}} = 0,01m + 0,24q - 21,51.$$

Чем меньше уклон поверхности чека, тем быстрее он заполняется. При площади чека 5...10 га, чтобы вылить поливную норму $m = 2000$ м³/га, надо иметь удельный расход воды примерно 20...40 л/(с·га). При той же норме, но площади чека 15...30 га удельный расход должен быть доведен до 60...120 л/(с·га).

§ 54. Полив затоплением риса

Наибольшее распространение полив затоплением получил при возделывании риса. В настоящее время широко практикуется сооружение инженерных рисовых систем, на которых все работы по возделыванию риса и сопутствующих культур, входящих в рисовый севооборот, полностью механизированы. Современные инженерные рисовые системы состоят из комплекса сооружений: оросительных и сбросных каналов, внутрихозяйственных и участковых распределителей, водовыпусков, водовыпусков-регуляторов и других сооружений, обеспечивающих своевременное и равномерное затопление орошаемых площадей слоем воды, поддержание требуемой глубины воды и отвод сбросных вод.

Первичным элементом рисовой системы является рисовая карта (поливной участок), которая ограничена оросительным и водосбросным каналами. Земляными поперечными валиками (переходного профиля с коэффициентами заложения откосов $m = 4...5$) рисовая карта делится на чеки. Для равномерного затопления чека водой и создания нужной глубины затопления поверхность почвы внутри каждого чека тщательно планируют.

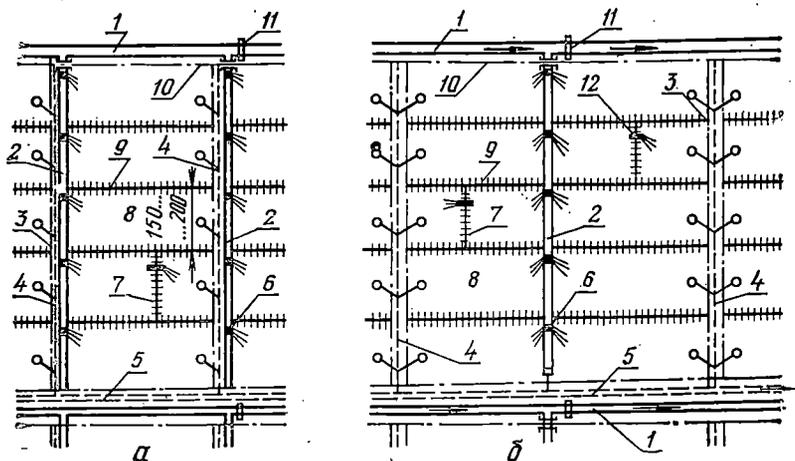


Рис. 33. Типовая схема поливных участков инженерной рисовой системы при одностороннем (а) и двустороннем (б) командовании картового оросителя: 1 — внутрихозяйственный ороситель (распределитель); 2 — картовый (участковый) ороситель; 3 — водовыпуск из чека; 4 — картовый сброс; 5 — внутрихозяйственный коллектор; 6 — водовыпуск в чек; 7 — продольный валик; 8 — чек; 9 — поперечные валики; 10 — дороги; 11 — подпорные сооружения; 12 — водовыпуск из чека в чек.

В зависимости от рельефа местности инженерные рисовые системы могут быть одностороннего и двустороннего командования участка оросителя (рис. 33).

Рисовые чеки площадью 1...5 га располагают длинной стороной вдоль горизонтали местности. Длину чека принимают в пределах 400...1200 м, она совпадает с шириной рисовой карты. Ширина чека 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 водовыпуск и водосброс. Это позволяет регулировать слой воды в чеке независимо от глубины затопления соседних чек. Продольные валики рисовой карты делают с более крутыми откосами ($m=1:1,5$), и поэтому они непроходимы для сельскохозяйственных машин.

Оросительные каналы инженерной рисовой системы должны командовать над орошаемой площадью, для этого уровень воды в каналах должен быть на 20 см выше отметки поверхности земли наиболее высокорасположенного чека. Уровень воды в сбросном канале должен быть на 0,5 м ниже отметки поверхности земли самого низкого чека.

Дорожную сеть на рисовой оросительной системе и лесные полосы размещают вдоль постоянных каналов. Полотно дороги должно располагаться на 0,5 м выше поверхности рисового чека.

Коэффициент земельного использования на рисовых системах инженерного типа составляет 0,85...0,95. Рисовые системы оборудуют водомерными и регулируемыми сооружениями, по которым

учитывают объем воды, подаваемой на поля, и поддерживают необходимые уровни воды в каналах и чеках.

Задача поливальщика на рисовых системах сводится в основном к регулированию водовыпусков. Вода заполняет чеки без участия поливальщика. Производительность труда поливальщика на современных инженерных рисовых системах довольно высокая — до 30 га. Полив затоплением риса легко автоматизируется путем установки автоматических водовыпусков, управление которыми может производиться с центрального диспетчерского пункта.

Оросительные нормы при возделывании риса достигают 10.. 30 тыс. м³ воды и более. Они зависят от биологических особенностей возделываемых сортов риса, степени засоленности почв и их водопроницаемости.

Расход воды, подаваемый на рисовые чеки, определяют по формуле

$$Q = Fq,$$

где F — площадь чека, га; q — удельный расход, который принимают в пределах 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.

§ 55. Дождевание сельскохозяйственных культур

Дождевание — это один из наиболее эффективных способов направленного воздействия человека на почву, растение и микроклимат приземного слоя воздуха. Благодаря механизации полива и комплексному воздействию на растение и окружающую среду дождевание является надежным агротехническим средством получения дружных и полных всходов и высоких и устойчивых урожаев, хорошо вписывается в современную технологию сельскохозяйственного производства. В отличие от других способов полива при дождевании оросительная вода (а при необходимости и растворенные в ней удобрения) при помощи насосов и специальных аппаратов подается под напором в атмосферу, а оттуда она падает на культуру в виде капель дождя.

Дождевание быстро развивается не только в нашей стране, но и за рубежом. Особенно широкое развитие полив дождеванием получил в районах и странах неустойчивого увлажнения, где наряду с засухами часто выпадают обильные осадки. В СССР дождевание применяют на европейской территории СССР (Нечерноземная зона, Украина, Центрально-черноземная зона, Поволжье, Северный Кавказ и др.).

По сравнению с другими способами полива дождевание обладает рядом преимуществ, которые сводятся к следующему:

механизация процессов труда, а следовательно, полное сочетание полива с технологией других сельскохозяйственных работ, проводимых в хозяйстве;

возможность получения дружных и полных всходов, укоренение и развитие растений в начальный период на всех почвах, и особенно на солончаковатых, где особенно опасна концентрация солей в период прорастания семян;

возможность загущения посевов сельскохозяйственных культур с соблюдением оптимальной площади питания и расположения рядков растений с расчетом на оптимальный режим освещения, а следовательно, и на максимальное использование энергии тепла солнечной радиации;

применение на сложных рельефах и больших уклонах, а также на песчаных и слабобразованных почвах без проведения или при минимуме планировочных работ;

проведение частых поливов малыми нормами с целью не только увлажнения почвы, но и улучшения микроклимата приземного слоя воздуха (освежительные поливы), а следовательно, создания благоприятных условий для протекания физиологических процессов и накопления урожая при минимальных затратах воды;

благодаря обогащению кислородом, углекислотой и газообразным азотом капли дождя снабжают почву и растения дополнительным питанием;

точная дозировка поливной воды применительно к периодам роста и развития растений и мелиоративному состоянию земель;

возможность орошения сельскохозяйственных культур с одновременным внесением удобрений при подкормках и ядохимикатов при борьбе с вредителями и болезнями, а также при дефолиации листьев растений перед уборкой;

благодаря комплексному воздействию на почву, растение, а следовательно, и направленному изменению водного и питательного режимов легче формировать и регулировать урожай.

за счет более экономного расходования поливной воды коэффициент полезного использования оросительной воды повышается на 25...30%;

благодаря использованию каналов в глубокой выемке не только для целей орошения, но и дренирования земель, то есть оросителей-дрен, а также отсутствию необходимости нарезки выводных и распределительных борозд и замене оросителей трубопроводами коэффициент полезного использования орошаемых и осушенных земель можно повысить не менее чем на 3...5%.

Однако при больших достоинствах у дождевания имеются и некоторые недостатки, которые надо учитывать при организации полива сельскохозяйственных культур, особенно на больших массивах:

высокая интенсивность дождя, неравномерное увлажнение почвы при поливе в ветреную погоду и относительно низкое качество дождя, что при повышенных поливных нормах — 600 м³/га и более приводит к разрушению структуры почвы и ее уплотнению, образованию луж и появлению поверхностного стока и как следствие на больших уклонах к водной эрозии;

зависимость распределения дождя и равномерности увлажнения почвы от скорости и направления ветра, что при наличии понижений рельефа приводит к застою воды, неравномерному развитию растений и их полеганию. В районах, подверженных сильным ветрам, бывают простои дальнеструйных машин, то есть снижается коэффициент полезного использования их рабочего времени или заменяется круговое дождевание на секторное;

небольшие поливные нормы — 300...400 м³/га брутто, а следовательно, и малая глубина промачивания почвы в сухой степи и тем более в аридной зоне, особенно на солонцеватых и такыровидных, то есть бесструктурных, почвах, приводят к чрезмерно большому числу поливов (для зерновых до 6...8, для хлопчатника до 20...25 поливов). Это удорожает поливы, увеличивает непродуцируемые потери воды на испарение в атмосферу, нередко приводит к развитию болезней у овощных, бахчевых культур и винограда.

§ 56. Виды дождевания

По срокам и характеру подачи воды, а следовательно, увлажнению почвы и биологическому воздействию на полевые, овощные, чай и плодовые культуры различают три вида дождевания: обычное, импульсное, аэрозольное.

При *обычном дождевании* воду подают на поля в виде дождя со значительным интервалом — 6...12 сут для смягчения микроклимата приземного слоя воздуха (высокая температура, низкая относительная влажность) и создания оптимальных запасов влаги в активном слое почвы 0,5...0,6 м. Для этих целей используют дождевальные агрегаты и машины ДДА-100МА, ДДН-100М, «Фрегат», «Волжанка» и др.

При *импульсном дождевании* воду подают на культуру ежедневно в период наиболее высоких дневных температур — с 13 до 15...16 ч для снижения дефицита влажности воздуха.

Аппараты импульсного дождевания работают отдельными циклами, причем каждый цикл состоит из периодов-пауз, то есть накопления воды в котле, создания максимального давления и «выстрела», или выбрасывания воды в атмосферу. Аппараты импульсного дождевания состоят из котла, где аккумулируется вода и создается давление, ствола, или аппарата, через который выбрасывается вода, поворотного устройства и раскатателя струи. Аппараты импульсного дождевания требуют небольшого расхода воды — 0,5...2,0 л/с и могут работать от обычной водопроводной сети или с использованием естественного напора, что делает выгодным применение их в предгорных районах Казахстана, Киргизии, Грузии и др. Пределы нижнего и верхнего давления 0,2...0,6 до 0,9 МПа. Продолжительность паузы 4...6 с, выстрела — 1,5...2,0 с, радиус действия 25...30 м, средняя интенсивность дождя 0,02...0,08 мм/мин, масса одного аппарата 12...13 кг.

Оросительные системы импульсного дождевания могут быть полустационарными и стационарными с выдвигаемыми гидрантами, с встроенными в них импульсными дождевателями. Расстояние между дождевателями принимается 40...60 м, удельная протяженность всей сети колеблется от 200 до 290 м/га, удельные капитальные затраты достигают 4300 руб/га, площадь, обслуживаемая поливальщиком, 20...200 га.

Вода к дождевальному аппарату подается малым расходом. В настоящее время имеются аппараты, продолжительность наполнения резервуара в которых в 50...200 раз превышает время выплеска воды. Так, импульсный дождевальный аппарат «Коломна» имеет бак объемом 75 л, радиус действия аппарата 40 м, объем выплеска 25 л, средний расход воды, подаваемой к дождевателю, 0,15 л/с, рабочий напор 40...60 м, средняя интенсивность дождя 0,01...0,002 мм/мин.

Импульсный дождевальный аппарат с гидравлическим затвором работает по сигналам понижения давления в оросительной сети. Автоматически рабочий генератор импульсов снижает давление в сети, при этом открывается поршень под действием давления сжатого воздуха на клапан. В этот момент происходит выплеск накопленного объема воды. Аппарат закрывается клапаном под действием пружины, давление в гидроаккумуляторе при этом резко снижается до нижнего расчетного предела.

Импульсное дождевание особенно эффективно в предгорных районах при поливе чайных плантаций. При хорошей влагозарядке почв импульсное дождевание можно применять для орошения не только овощных, но и полевых культур в степной зоне СССР; импульсным дождеванием целесообразно поливать сахарную свеклу в предгорьях Казахстана.

При *аэрозольном дождевании* вода подается, как и при импульсном, ежедневно в течение 4...5 ч (с 13 до 16...17 ч) в период высоких температур и низкой относительной влажности воздуха для орошения овощных культур и чайных плантаций. Мощные установки забирают воду из каналов или трубопроводов и под большим давлением выбрасывают ее в воздух. В зависимости от силы и направления ветра капли дождя в виде тумана распространяются на 200...300 м и более.

§ 57. Типы дождевальных оросительных систем

Составными элементами дождевальной оросительной системы являются: источник орошения; постоянные и подвижные насосные установки; постоянная сеть каналов и трубопроводов; временная сеть каналов или быстроразборных транспортирующих трубопроводов; стационарные и подвижные дождевальные машины и установки с системой разбрызгивающих аппаратов.

Оросительная сеть при дождевании может быть открытой, если она состоит из серии крупных и мелких земляных, бетонирован-

ных каналов или лотков, полузакрытой, когда крупные каналы земляные или бетонированные, а регулирующая — внутрихозяйственная сеть, из которой забирают воду дождевальные машины и установки, состоит из закрытых или быстроразборных, укладываемых на поверхности трубопроводов, и, наконец, закрытой, когда вся оросительная система состоит из закрытых трубопроводов. Для дождевания обычно используют существующую сеть каналов постоянной внутрихозяйственной оросительной сети, изменяют только временную оросительную сеть. Однако строят и специализированные дождевальные системы. По действию и конструкционным особенностям современные дождевальные системы могут быть стационарными, полустационарными и подвижными.

При *стационарных* дождевальных системах насосные станции, подводящие, распределительные и транспортирующие (полевые) трубопроводы и дождевальные аппараты, разбрызгивающие воду, устраивают постоянными. Такие системы целесообразно делать автоматическими. Распределительные и транспортирующие трубопроводы с дождевальными аппаратами включаются по очереди автоматически благодаря устройству специальных датчиков или саморегулирующих гидравлических клапанов. Работа саморегулирующих клапанов, расположенных на стыках с гидрантами, основана на разности давлений в распределительном и транспортирующем трубопроводе, на котором расположены дождевальные аппараты. При стационарной системе дождевания целесообразно применять самопогружающиеся дальнеструйные аппараты, размещенные в специальных колодцах, откуда под напором воды они выходят на поверхность, или аппараты, монтируемые на весь сезон на стояках, которые выходят на поверхность из закрытых трубопроводов на расстоянии 100...120 м один от другого.

Для небольших участков площадью 25...50 га при возделывании овощных культур и многолетних citrusовых насаждений стационарные системы устраивают из труб, протянутых над землей на высоте 2,5 м с закрепленными на них короткоструйными или среднеструйными аппаратами. В тепличном хозяйстве, используют стационарные дождевальные автоматические системы, которые состоят из распределительных трубопроводов с дождевальными аппаратами радиусом действия не более 2,5 м.

В нашей стране получают развитие закрытые автоматизированные дождевальные оросительные системы. Включение и выключение дождевальных аппаратов или установок и регулирование работы насосной станции на этих системах осуществляются автоматически. При автоматизированных дождевальных системах применяют короткоструйные, среднеструйные и дальнеструйные машины и установки. По оснащенности программными устройствами и способу выбора поливных режимов автоматизированные дождевальные системы подразделяют на три группы: к первой группе относятся системы, у которых регулирующее устройство обеспечивает выдачу команд для проведения полива по любой

разработанной программе; ко второй — системы, где поливы проводят на основе информации, передаваемой на пульт управления от датчиков влажности, установленных в почве; к третьей — полностью автоматизированные системы, когда поливы проводят таким образом, что автоматически поддерживается оптимальная влажность почвы и микроклимат приземного слоя на полях. Такие системы создают наиболее благоприятные водный и воздушный режимы почвы для получения более высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

В колхозе им. Ленина (Молдавская ССР) с 1967 г. действует автоматизированная система дождевания на площади 150 га. Вода из источника орошения подается насосной станцией в два магистральных напорных трубопровода и далее в распределительные участки трубопроводы, проложенные на расстоянии 60 м один от другого.

На участковых трубопроводах через 70 м один от другого (в шахматном порядке) установлены гидранты с смонтированными на них гидроуправляемыми клапанами и дождевальными аппаратами ДН-1 с расходом 25...29 л/с. Напор воды в гидранте составляет 45...52 м. Радиус действия дождевальных аппаратов 50 м. Одновременно работают шесть аппаратов, по одному на каждом участковом распределительном трубопроводе. Включение и выключение дождевальных аппаратов осуществляется изменением напора в трубопроводе. Управление системой осуществляется программным устройством, находящимся в насосной станции, которая дает команды проводить поливы дождевальными аппаратами заданными поливными нормами. Стоимость строительства такой системы 2800 руб/га орошаемой площади.

Срок окупаемости капитальных вложений в дорогостоящие автоматизированные дождевальные системы будет зависеть от вида возделываемых культур (ягодные, овощные и технические).

В 1969 г. во ВНИИМитП построена автоматизированная закрытая дождевальная система на площади 20 га для орошения сада. В качестве командных датчиков применены электроконтактные тензиометры, в которых использован принцип изменения напора воды в приборе в зависимости от влажности почвы.

Большие возможности для развития стационарных автоматических дождевальных систем имеются в предгорных районах Грузии, Армении, Киргизии, в Таджикистане и Азербайджане, где для дождевания может быть использован естественный напор вод горных рек. В этих случаях устраивают комплексные оросительные системы, позволяющие: в верхних частях склона без подкачки применять самотечные поверхностные поливы из капроновых и других гибких трубопроводов; в средней части использовать с небольшой подкачкой низконапорные дождевальные аппараты; в нижней части за счет остаточного напора или дополнительной подкачки применять средне- и высоконапорные дождевальные аппараты.

При *полустационарных* дождевальных системах насосные станции, хозяйственные, участковые распределители, групповые оросители или трубопроводы устраивают постоянными, оросители и транспортирующие трубопроводы — временными, а дождевальные машины и установки — самоходными или переносными, то есть подвижными. Полустационарные системы при дождевании наиболее распространены. К подвижным дождевальным машинам и агрегатам относятся ДДН-70, ДДН-100, ДДА-100М, ДДА-100МА, «Фрегат», «Волжанка» и др.

При *подвижных* дождевальных системах подводящие, распределительные и транспортирующие трубопроводы устраивают из быстроразборных металлических трубопроводов. Подвижные системы при дождевании в настоящее время устраивают обычно на небольших участках (в колхозах орошаемые овощные участки, культурные орошаемые пастбища и др.), где не требуется пропуск больших расходов воды. Наиболее типичной для настоящего времени подвижной системой является система орошения культурных долголетних пастбищ площадью от 150 до 300 га.

§ 58. Типы современных дождевальных машин и установок

Современные дождевальные машины и установки и оснащенные ими аппараты делятся на три типа: короткоструйные, или низконапорные; среднеструйные, или средненапорные, и дальнеструйные, или высоконапорные.

Указанные типы машин и установок отличаются не только конструктивными и техническими особенностями дождевальных аппаратов, но и структурой и качеством дождя, радиусом действия, напором и затратами энергии, а следовательно, и производительностью труда. У одних машин дождевальные аппараты работают без вращения, у других — подача воды производится вращающимися аппаратами.

§ 59. Короткоструйные дождевальные агрегаты

Короткоструйные дождевальные агрегаты ДДА-100МА и ДДА-100М предназначены для орошения овощных, бахчевых, кормовых, зерновых и технических культур и трав на участках с уклоном не более 0,003 (рис. 34), могут быть использованы и для внесения удобрений. Агрегаты ДДА-100МА и ДДА-100М смонтированы на тракторах ДТ-75М и ДТ-54А. Расход ДДА-100МА 130 л/с, ДДА-100М — 100 л/с.

Дождевальные агрегаты ДДА-100МА и ДДА-100М работают в движении. Насосная станция забирает воду из постоянных или временных оросителей или лотков, расположенных один от другого на расстоянии (или ширине захвата) 120 м, и подает ее под

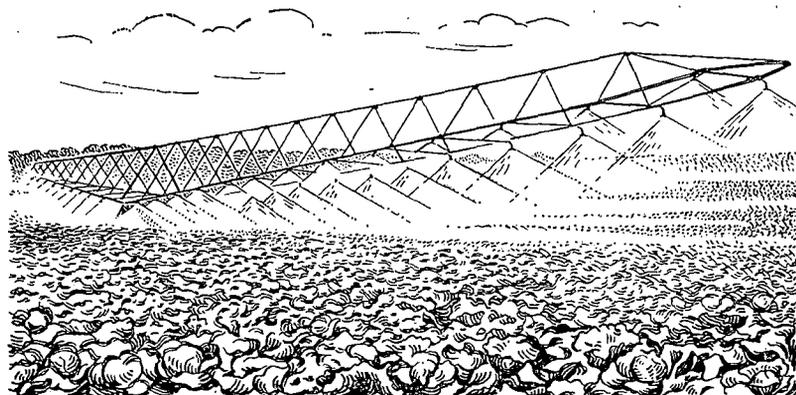


Рис. 34. Работа ДДА-100МА.

напором 26,5 м (ДДА-100М) и 37 м (ДДА-100МА). Центробежный насос 8К-12 приводится в действие от трактора.

Длину оросителей (земляной канал) принимают в пределах от 400 до 800 м; а уклоны их — от 0,0005 до 0,004. Оросители делают глубиной около 1 м, шириной по дну 0,5...0,6 м при глубине воды в них 0,4...0,6 м.

С одной стороны канала, чаще всего с левой по течению, грейдером устраивают дороги для трактора. Потери площади под оросительными каналами при поливе ДДА-100МА, ДДА-100М составляют около 5%.

При работе этих агрегатов для обеспечения необходимой глубины воды оросительные каналы переносными перемычками разделяют на бьефы длиной 100...500 м. Агрегаты последовательно переходят от одного бьефа к другому. При уклонах канала 0,003...0,004 длина бьефа составляет 150...250 м, при меньших уклонах — до 500 м.

Вода в оросители подается из распределительных каналов, лотков или трубопроводов. В местах забора воды в оросители устраивают водовыпуски автоматического или ручного действия.

Средняя интенсивность дождя зависит от скорости движения и при длине бьефа 100...500 м колеблется от 0,12 до 0,7 мм/мин; действительная интенсивность дождя при стационарной работе машины 4,0...5,2 мм/мин.

Производительность агрегата ДДА-100МА при поливной норме 300 м³/га и коэффициенте использования рабочего времени $\eta=0,8$ за час чистой работы составляет 1,6 га, за смену — 6...7 га, за сезон — 120...150 га, для агрегата ДДА-100М соответственно 1,6; 5...6 и 100...120 га.

Средний коэффициент использования рабочего времени колеблется от 0,7 до 0,8. Обслуживающий персонал 1...2 человека. Скорость ДДА-100МА при движении вперед изменяется от 205 до

1040 м/ч, при движении назад работает на двух скоростях, транспортная скорость 5080 м/ч. Средний слой дождя за один проход 7...20 мм при поливной норме соответственно 70 и 200 м³/га.

§ 60. Среднеструйные дождевальные машины и установки

Дождевальная колесная трубопровод ДКШ-64 «Волжанка» (рис. 35) состоит из двух водопроводящих трубопроводов (крыльев) диаметром 130 мм и длиной по 395,6 м, монтируемых из отдельных звеньев труб длиной 12,6 м. На каждом крыле (трубопроводе) жестко закреплены 34 металлических колеса диаметром 191 см. В центре каждого крыла имеются приводные тележки с двигателем внутреннего сгорания, вращение от которого передается на ходовые колеса тележек, которые перемещают машину с одной позиции на другую. На каждом крыле «Волжанки» через 12,6 м установлено 32 среднеструйных дождевальных аппарата кругового действия с диаметром сопла 8 мм. Расход воды каждого аппарата составляет 0,9...1 л/с при напоре у гидранта 30...40 м.

Дальность полета струи воды от дождевального аппарата достигает 17...18 м. К гидрантам оросительной сети, расположенным на расстоянии 18,3 м один от другого, крылья машины подключают с помощью гибких шлангов.

Машина работает позиционно, на каждой позиции при работе двух крыльев (трубопроводов) орошает 1,46 га. Длина машины и расходы воды могут меняться в зависимости от числа подключаемых трубок. Расстояние между оросителями или трубопроводами, из которых машина берет воду, может быть от 300 до 800 м.

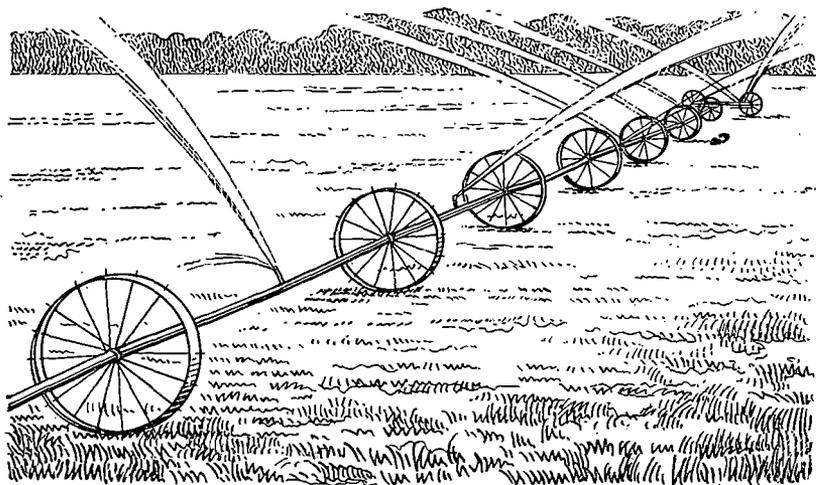


Рис. 35. Общий вид дождевальной машины ДКШ-64 «Волжанка».

При одновременной работе двух крыльев машины расход воды составляет 62,7 л/с. Средняя интенсивность дождя, создаваемого машиной, 0,25...0,3 мм/мин.

Время стоянки на одной позиции t (мин) находят по формуле

$$t = m/i\beta,$$

где t — время работы машины на позиции; m — поливная норма, мм; i — интенсивность дождя, мм/мин; β — коэффициент, учитывающий потери воды на испарение, который в степной засушливой зоне можно принять 0,85...0,90, а в лесостепной — 90...95.

Интенсивность дождя определяют по формуле

$$i = Q60/\omega,$$

где Q — расход дождевальной машины, л/с; ω — площадь полива с одной позиции, м².

Производительность машины «Волжанка» при поливной норме $m = 300$ м³/га за 1 ч чистой работы составляет 0,77 га, за смену — 4...5 га, за сезон — 70...80 га.

Дождевальная машина «Фрегат» представляет собой движущийся по кругу трубопровод, установленный на А-образных колесных опорах-тележках. На трубопроводе расположено 38...50 среднеструйных дождевальных аппаратов (рис. 36). Трубопровод изготовлен из стальных оцинкованных труб переменного сечения — 178 и 152 мм. Конструктивная длина трубопровода изменяется в зависимости от числа опор, которых может быть от 12 до 16. В зависимости от природно-климатических и хозяйственных зон выпускают несколько модификаций машины «Фрегат» (табл. 26). Потребный расход воды и производительность машины «Фрегат» зависят от ширины захвата.

На трубопроводе имеется концевой дальнеструйный дождевальный аппарат секторного действия с радиусом полива 35...40 м.

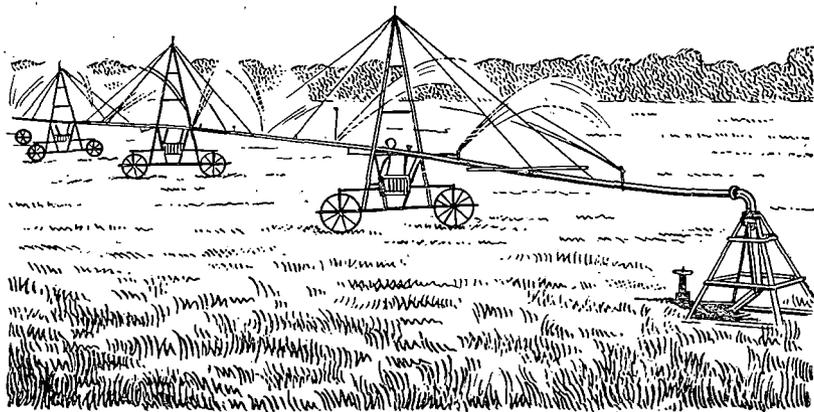


Рис. 36. Работа дождевальной машины «Фрегат».

Таблица 26. Некоторые технические характеристики модификаций машины «Фрегат» типа ДМ

Модификация машины	Число опор	Радиус полива, м	Площадь полива с одной позиции, га	Расход воды, л/с
ДМ-335-58	12	349	40,5	58
ДМ-365-68	13	378	48,0	68
ДМ-394-80	14	403	55,0	80
ДМ-424-90	15	438	64,0	90
ДМ-454-100	16	468	72,0	90

Интенсивность дождя 0,2...0,32 мм/мин. Забор воды производится из гидрантов, расположенных на напорном трубопроводе. Давление у гидранта должно составлять 0,65...0,7 МПа. Расстояние между гидрантами на трубопроводе 670...909 м. Производительность полива зависит от длины трубопровода и поливной нормы. Пределы регулирования нормы полива от 240 до 1200 м³/га. Пределы регулирования времени для полного оборота трубопровода от 50 до 250 ч и более. Площадь полива за смену 4,5...5,0 га, за сезон — от 84 до 144 га. Трубопровод располагается на высоте 2,2 м от поверхности почвы, поэтому «Фрегат» приспособлен для полива всех сельскохозяйственных культур. При водозаборе требуется, чтобы вода была чистой и не содержала твердых частиц и планктона размером более 0,4 мм. Машина оснащена двумя системами аварийной защиты: механической и электрической.

Дождевальная машина среднеструйная многоопорная ДФ-120 «Днепр» предназначена для полива зерновых, овощных, бахчевых, технических и ягодных культур, многолетних трав, лугов, пастбищ (рис. 37).

Машина фронтального действия, состоит из водопроводящего трубопровода длиной 448 м, установленного на 17 опорных тележках на высоте 2,1 м от поверхности земли. Вода поступает из гидрантов закрытой оросительной сети. Расстояние между оросителями 920 м, между гидрантами — 54 м.

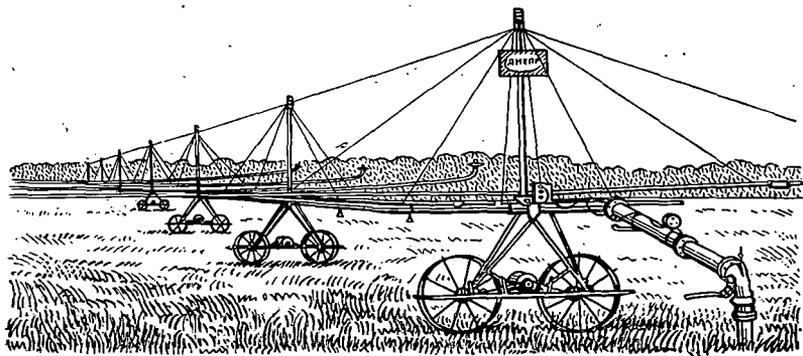


Рис. 37. Широкозахватная дождевальная машина «Днепр» (ДФ-120).

Напор воды у гидранта 45 м, расход подаваемой воды 120 л/с. В местах расположения тележек (на расстоянии 27 м одна от другой) на трубопроводе установлены фермы-открылки длиной 13,5 м, на концах которых размещены дождевальные аппараты «Роса-3». Машина состоит из 27 тележек и 34 дождевальных аппаратов. Машина работает позиционно, с одной позиции орошает площадь длиной с перекрытием дождя 460 м и шириной 27 м. Средняя интенсивность дождя 0,29 мм/мин. Производительность за 1 ч работы поливной нормой $m=300$ м³/га равна 1,46 га. Обслуживающий персонал — один человек на две машины.

По сравнению с «Фрегатом» ДФ-120 дает снижение напора на гидранте в 1,5 раза, быстрее переоборудуется из рабочего в транспортное положение. Привод тележек машины электрический, с позиции на позицию машина перемещается со скоростью 0,47 км/ч. Машина оборудована механизмом управления с системой сигнализации и синхронизации движения тележек.

Комплекты дождевального оборудования «Сигма» Z-50Д (ЧССР) и ирригационного оборудования «Радуга» (КИ-50) (СССР) предназначены для орошения овощных, кормовых и технических культур, а также лугов, плодово-ягодных насаждений во всех зонах орошаемого земледелия. Указанные комплекты однотипны, представляют собой серию постоянных распределительных трубопроводов и крыльев, оборудованных среднеструйными аппаратами ПУК-2 и «Роса-3». Число распределительных трубопроводов 2, дождевальных крыльев 4. Диаметр алюминиевого распределительного трубопровода 120 и 125 мм, диаметр подводящего трубопровода 150 мм. Расход воды у «Сигмы» 39,2 л/с, у «Радуги» 47,2 л/с. Диаметры основного аппарата 12, 14, 16 и 18 мм, малого — 6,7 мм. Средняя интенсивность дождя от 0,12 до 0,28 мм/мин. Длина двух распределительных трубопроводов составляет 540 м, длина четырех крыльев по 144 м. Радиус действия 18 м. Производительность за 1 ч чистой работы при $m=300$ м³/га 0,47 га, за смену — 4 га. Площадь, орошаемая одним комплектом за сезон, 50 га. Обслуживающий персонал 2...3 человека.

Дождевальный шлейф ДШ-25/300 применяют для полива пастбищ, лугов, плодовых насаждений и сельскохозяйственных культур во всех зонах орошаемого земледелия (рис. 38). Полив проводят позиционно. Шлейф комплектуют из быстроразборных металлических труб и дождевателей. Он состоит из стального трубопровода длиной 150 м, диаметром 102 мм. На трубопроводе установлены три дождевателя карусельного типа «Тимирязевец».

Забор воды осуществляется из трубчатых оросителей, которые прокладывают через 300 м один от другого. На трубчатых оросителях установлены гидранты через 60 м. Шлейф ДШ-25/300 подсоединяют к гидранту, рабочий напор у которого 50 м.

Карусельные насадки (дождеватели) вращаются вокруг оси под действием реактивной силы, возникающей вследствие наклона большого сопла насадки по отношению к оси сопла дождевателя.

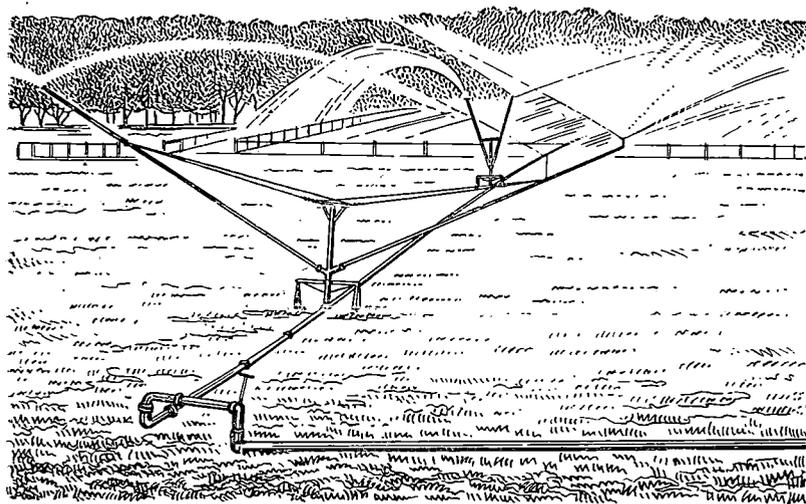


Рис. 38. Дождевальная шлейф ДШ-25/300.

С одной позиции орошается 0,9 га (150×60 м). Расход воды шлейфа ДШ-25/300 равен 25 л/с. Средняя интенсивность дождевателя 0,17 мм/мин. Перемещение шлейфа с одной позиции на другую производится трактором класса 0,9...1,4 тс.

Один тракторист и один поливальщик обслуживают 5...10 шлейфов.

§ 61. Дальнеструйные дождевательные машины

Дальнеструйные дождевательные машины ДДН-70 и ДДН-100 предназначены для полива овощных, зерновых и технических культур, лугов и пастбищ, садов и лесопитомников (рис. 39).

Для работы ДДН-70 и ДДН-100 требуется напор на гидранте 52 и 65 м. Дождевательные машины являются навесными к тракторам Т-74 и Т-150. Расход воды у ДДН-70 — 65 л/с, у ДДН-100 — 100 л/с. Дождевательные машины работают по кругу, при сильном ветре — по сектору. Радиус действия у ДДН-70 — 70...69,5 м, у ДДН-100 — 80...85 м. Расстояние между оросителями или трубопроводами 100 и 120 м. Средняя интенсивность дождя колеблется от 0,3 до 0,45 мм/мин. Для регулирования интенсивности дождя, помимо основного сопла диаметром 55 мм и малого сопла диаметром 16 мм имеются сменные сопла разного диаметра — от 30 до 45 мм. Площадь полива при $m=300$ мм за 1 ч 0,5 и 0,7 га, при одной позиции соответственно 0,9 и 1,5 га, за смену 5,0 и 7,5 га. Площадь полива за сезон у ДДН-70 составляет 60...70 га, у ДДН-100 колеблется от 100 до 150 га. Коэффициент полезного

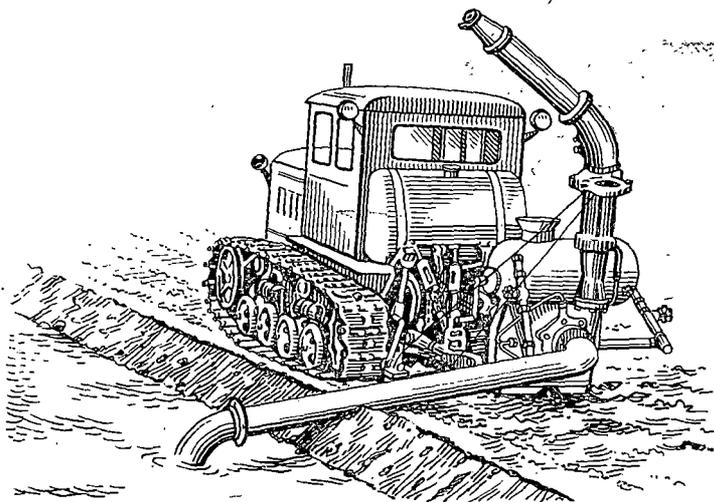


Рис. 39. Общий вид дождевальной машины ДДН-100.

действия 0,8. Обслуживающий персонал один человек. Дождевальные машины имеют бак для внесения минеральных удобрений вместе с оросительной водой.

Глава 10. ВНУТРИПОЧВЕННОЕ И КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ

§ 62. Внутрипочвенное орошение

Внутрипочвенный полив по трубам-увлажнителям, проложенным на глубине 0,4...0,6 м, — удобный и перспективный способ воздействия на растение при культуре открытого и особенно закрытого грунта (теплицы, парники). При внутрипочвенном орошении корнеобитаемый слой увлажняется посредством регулирования уровня грунтовых вод. К достоинствам внутрипочвенного орошения относятся:

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 осушенных земель;

сочетание полива с одновременным внесением непосредственно в зону корней растворимых питательных веществ;

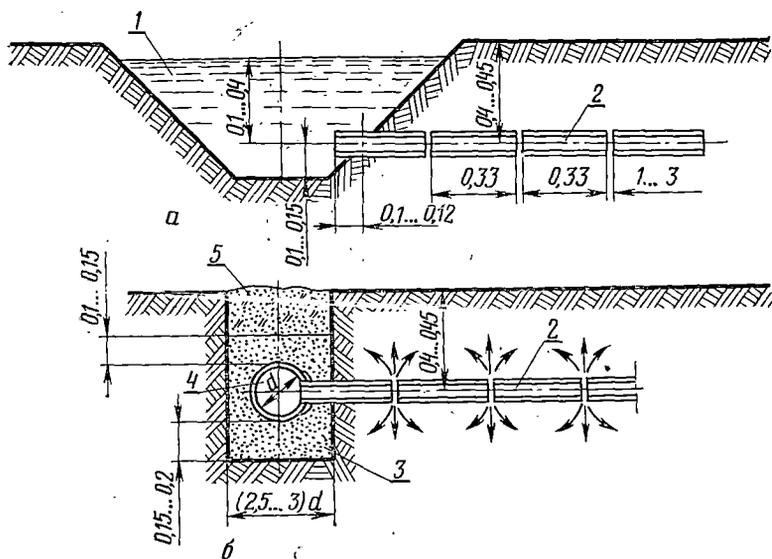


Рис. 40. Схема соединения труб в полузакрытой (а) и закрытой (б) системах внутрипочвенного орошения:

1 — открытый ороситель; 2 — трубы-увлажнители из гончарных дренажных труб диаметром 5...7,5 см; 3 — песчаные засыпки; 4 — закрытый ороситель из асбестоцементных труб; 5 — засыпка местным грунтом. Размеры в м.

возможность сочетания увлажнения с одновременным обогревом почвы термальными и сбросными теплыми водами ТЭС; возможность автоматизации, а следовательно, и снижение затрат ручного труда на поливе.

При организации внутрипочвенного орошения, особенно на крупных площадях, необходимо учитывать и некоторые его недостатки:

возможность применения на почвах только с хорошей капиллярной проводимостью, то есть на суглинистых почвах или на легких почвах при наличии на небольшой глубине водоупора;

неприменимость на засоленных почвах с близким залеганием минерализованных грунтовых вод, а также при большом (50%) содержании карбонатов, вызывающих просадку грунта;

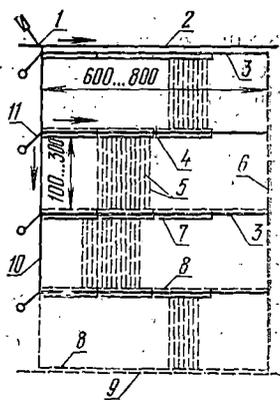
необходимость подачи чистой воды в связи с возможностью заиливания трубопроводов-увлажнителей;

большая потребность в трубах и высокие, как правило, одновременные капитальные вложения в строительство и оборудование системы.

Внутрипочвенный полив основан на всасывающей способности почвы. Чем выше капиллярная проводимость почвы, меньше диаметр ее частиц, тем больше всасывающая способность почвы. Она зависит не только от механического состава и чередования отдель-

Рис. 41. Схема оросительной сети при внутривпочвенном орошении:

1 — водовыпуск в участковый распределитель; 2 — внутривхозяйственный распределитель; 3 — ороситель; 4 — переносная перемишка; 5 — трубы-увлажнители; 6 — участковый водосборный канал; 7 — картовый распределитель; 8 — внутривхозяйственный сбросной канал; 9 — внутривхозяйственный водосборный канал; 10 — участковый распределитель; 11 — водовыпуск в ороситель. Размеры в м.



ных слоев почвы, но и от влагонасыщенности почвы. При влажности почвы, близкой к наименьшей влагоемкости (НВ), всасывающая способность близка к нулю, при абсолютно сухой почве она достигает максимума.

В зависимости от механического состава всасывающая способность может быть различной: на тяжелых почвах в сухом состоянии она составляет 40...50 см, при влажности 55% НВ — 4...5 см; на легких соответственно 15...20 и 1...2 см.

Оросительная система при внутривпочвенном орошении может быть полузакрытой или закрытой (рис. 40). При полузакрытой системе каналы устраивают открытыми, а трубы-увлажнители — закрытыми. В этом случае головки труб-увлажнителей укладывают на заданном уровне на некоторой высоте от дна оросителя, чтобы созданием необходимого напора одновременно как можно больше включать в полив труб-увлажнителей. При закрытой системе всю проводящую и регулирующую сеть устраивают из закрытых трубопроводов. Наиболее совершенной является закрытая система. Она повышает коэффициент земельного использования (КЗИ), позволяет полностью автоматизировать полив, внесение удобрений и промывку системы (рис. 41). Подводящие и распределительные трубопроводы при внутривпочвенном орошении прокладывают из обычных асбестоцементных труб на глубине не менее 50...60 см от поверхности земли. Трубы-увлажнители прокладывают на глубине 45...50 см на расстоянии обычно 1,25...1,5 м, но не более 2,0 м. Трубы-увлажнители могут быть гончарными или перфорированными из полиэтилена или поливинилхлорида. Вода из труб в почву поступает через стыки гончарных труб 1,0...1,5 мм или через перфорацию.

Длину труб-увлажнителей принимают в пределах 150...250 м, в среднем 200 м. Во избежание заиливания трубы-увлажнители промывают. По характеру действия различают безнапорные и напорные системы. При безнапорной системе вода продвигается по трубам самотеком. Чтобы трубы-увлажнители не заилились, их прокладывают к полевому водосбросному трубопроводу-коллектору с уклоном не менее 0,004...0,005; скорость движения воды в трубах тогда не менее 0,7...0,8 м/с. При напорной системе увлажнение почвы происходит под напором. Напорные системы при периодической подаче воды эффективнее безнапорных. Они позволяют увеличить расстояние между трубами-увлажнителями до 2...3 м; со-

кращают сроки полива и поливные нормы; растворяют и вымывают водорастворимые соли из зоны корневой системы растений; осуществляют периодическую промывку закрытых увлажнителей.

При напорной системе трубы-увлажнители прокладывают с обратным уклоном к трубопроводу, который является не только оросителем, но и коллектором.

Прокладку труб закрытой оросительной сети при внутрпочвенном орошении проводят при помощи специальных машин — траншейных экскаваторов и дреноукладчиков. Для устройства труб-увлажнителей используют готовые полиэтиленовые трубы диаметром 40, 50 и 70 мм, которые укладывают в почву при помощи машины ДПБН-1,8, при укладке гончарных труб — Д-659А.

§ 63. Капельное орошение

При капельном орошении хорошо очищенная через специальные фильтры вода подается на поле из гибких полиэтиленовых трубопроводов через специальные приспособления — капельницы. Из-за малых расходов (0,9...9,1 л/ч) вода медленно, капля за каплей поступает в почву, увлажняя только зону распространения корней и оставляя сухими междурядья.

В настоящее время этот способ орошения наиболее широко применяют в закрытом грунте. Вместе с водой благодаря наличию бака-смесителя удобрений в почву поступают и растворенные питательные вещества, что еще больше увеличивает эффективность этого способа. Капельное орошение хорошо зарекомендовало себя при возделывании овощных и плодовых культур закрытого и открытого грунта.

Участки капельного орошения построены и действуют в Крыму, Молдавии, на Северном Кавказе и в других районах страны.

К основным достоинствам капельного орошения относятся:

значительная экономия поливной воды по сравнению с обычными способами, в частности с дождеванием, — на 50...80% и более;

резкое снижение потерь воды на фильтрацию и испарение;

отсутствие поверхностного стока, водной эрозии, а также переноса и потерь воды в атмосферу, наблюдаемых при дождевании;

уменьшение сорной растительности, а следовательно, и непроизводительного расхода воды из междурядий растений;

оптимальное и устойчивое увлажнение корнеобитаемого слоя применительно к периодам роста и развития растений;

возможность локального в небольших дозах внесения удобрений вместе с поливной водой;

снижение числа междурядных обработок в связи с меньшим развитием сорной растительности;

возможность уплотнения посевов культур;

отсутствие подъема грунтовых вод и опасности вторичного засоления;

возможность использования 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 citrusовых культур до 25...50%.

Однако наряду с отмеченными достоинствами у капельного орошения имеются и недостатки: высокая первоначальная 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.

§ 64. Основные элементы оросительной сети и сооружений при капельном орошении

Оросительная система при капельном орошении состоит из следующих основных частей: насосной установки (двигатель и насос); фильтрационной установки; водоприемного — накопительно-резервуара; регулятора расхода и давления воды; бака-смесителя удобрений; инжектора для впрыскивания раствора удобрений; подводящего трубопровода из полиэтиленовых или полихлорвинилхлоридных труб; распределительного трубопровода; гибких поливных трубопроводов из полиэтилена с добавлением угольной сажи для предотвращения развития в трубах водной растительности; водовыпусков-капельниц.

Схема системы капельного орошения приведена на рисунке 42. Подача воды в систему регулируется вручную или автоматически. Вода в систему подается при помощи центробежных насосов. Для регулирования давления и расхода воды устанавливаются клапаны и манометры. Поддержание низкого напора в системе позволяет применять капельницы больших диаметров и использовать более дешевые трубы и материалы.

Во избежание засорения капельниц и отверстий в микропористых трубах систему оборудуют 1...2 сетчатыми фильтрами, у которых число отверстий должно быть не менее 30 на 1 см² длины. Стоимость фильтров составляет до 10% всех капитальных вложений. Для борьбы с водорослями в воду добавляют медный купорос из расчета 1 мг/л. Диаметр поливных трубопроводов обычно 12...19 мм и до 25 мм.

Поливные трубопроводы прокладывают на поверхности земли в мелких (6...10 см) бороздах или просто вдоль рядков растений. Расстояние между поливными трубопроводами зависит от ширины междурядий: для овощных оно равно 0,8...0,9 м, для плодовых садов и виноградников — от 2,5...3,0 до 6 м. При комбинированной

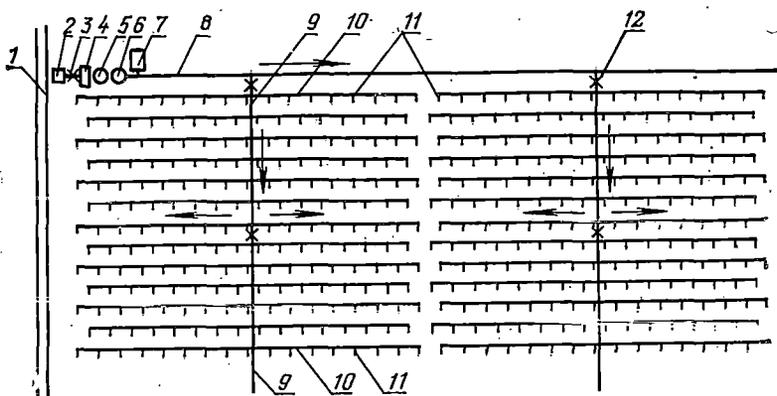


Рис. 42. Схема капельной системы орошения:

1 — подводящий канал; 2 — насос; 3 — задвижки; 4 — фильтр; 5 — водомер; 6 — манометр; 7 — устройство для смешения и подачи удобрений; 8 — магистральный трубопровод; 9 — распределительный трубопровод; 10 — поливной трубопровод; 11 — водовыпуск-капельница; 12 — клапан для регулирования напора и расхода воды.

укладке труб подводящий трубопровод укладывают не с поверхности, а в грунт, а поливные трубопроводы выводят на поверхность. У многолетних насаждений поливные трубопроводы прокладывают на несколько сезонов.

Диаметр отверстий капельниц обычно не превышает 2 мм. Расход воды каждой капельницы колеблется от 0,9 до 10 л/ч. Конструкция капельниц может быть различной. Вода из капельниц поступает через винтовые нарезки, образуемые в местах присоединения капсулы к патрубку. Регулируя плотность ввинчивания капсулы в патрубок, можно регулировать и расход воды.

Вместо капсул применяют микротрубки с внутренним диаметром 0,5...2,0 мм. Расход воды в этом случае регулируется длиной и диаметром трубки. Расстояние между капельницами или трубками зависит от их расхода. При расходе капельницы 3,8 л/ч расстояние равно 1 м, длина поливного трубопровода — 40 м, диаметр — 12 мм. При расходе 10 л/ч и тех же расстояний и длине трубопровода диаметр берется равным 16 мм.

При поливе плодовых культур на каждую из них приходится несколько капельниц с расходом 1,0...7,6 л/ч. При устройстве систем капельного орошения для узкорядных (0,9 м) культур расходуется на 1 га до 10 700 м пластмассовых труб, для широкорядных (3,0 м) — 3000 м.

Для внесения удобрений с поливной водой обычно используют баки объемом 50...100 л. Впрыскивание растворов удобрений в подводящий трубопровод осуществляется при помощи инжектора. Раствор удобрений подается при помощи специального устройства НРА, пропорционально напору или расходу воды в сети. Для работы инжектора необходимо давление около 0,25 МПа.

§ 65. Лиманы и их сооружение

Лиманное орошение представляет собой один из способов увлажнения почвы путем задержания и использования вод местного стока.

При лиманном орошении территорию окружают с низовых сторон валами или дамбами, что создает условия для затопления этой площади весенними тальми водами. После достаточного увлажнения почвы лимана и отложения содержащихся в воде илистых частиц излишняя вода сбрасывается через специально устроенные в дамбах водовыпуски.

К преимуществам лиманного орошения относится: простота и дешевизна устройства по сравнению с регулярным орошением; доступность источника орошения и возможность орошать повышенные, даже водораздельные площади; исключительно 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.

К недостаткам лиманного орошения относится то, что полив проводят только один раз весной — в период прохождения паводков: в летний период полив невозможен. По площади лимана увлажнение почвы происходит неравномерно: на нижней части происходит переувлажнение, на верхней — недостаточное увлажнение. Площадь затопления по годам резко колеблется в зависимости от объема паводковых вод. В маловодные годы площади лиманного орошения бывают небольшими.

В настоящее время площадь лиманного орошения в СССР превышает 1 млн. га. Перспективными районами лиманного орошения являются Казахская ССР, Поволжье, Западная Сибирь и Северный Кавказ. Лиманное орошение служит важным фактором в создании и укреплении кормовой базы для животноводства, в резком повышении урожаев кормовых и зерновых яровых культур. Лиманное орошение, повышая плодородие засушливых степных земель, оказывает большое рассоляющее влияние на верхние слои этих почв в результате промывного действия вод местного стока. Особенно велика роль лиманного орошения в зонах распространения солонцовых и солончаковых почв. При лиманном орошении они быстро рассоляются и дают высокие урожаи сеяных трав и других сельскохозяйственных культур.

Большое влияние на развитие лиманного орошения в нашей стране оказали работы В. С. Богдана, П. А. Витте, Б. А. Шумакова, А. Н. Костякова и др.

Зоны распространения лиманного орошения в СССР приведены на рисунке 43.

В зависимости от рельефа местности применяют следующие виды лимана:

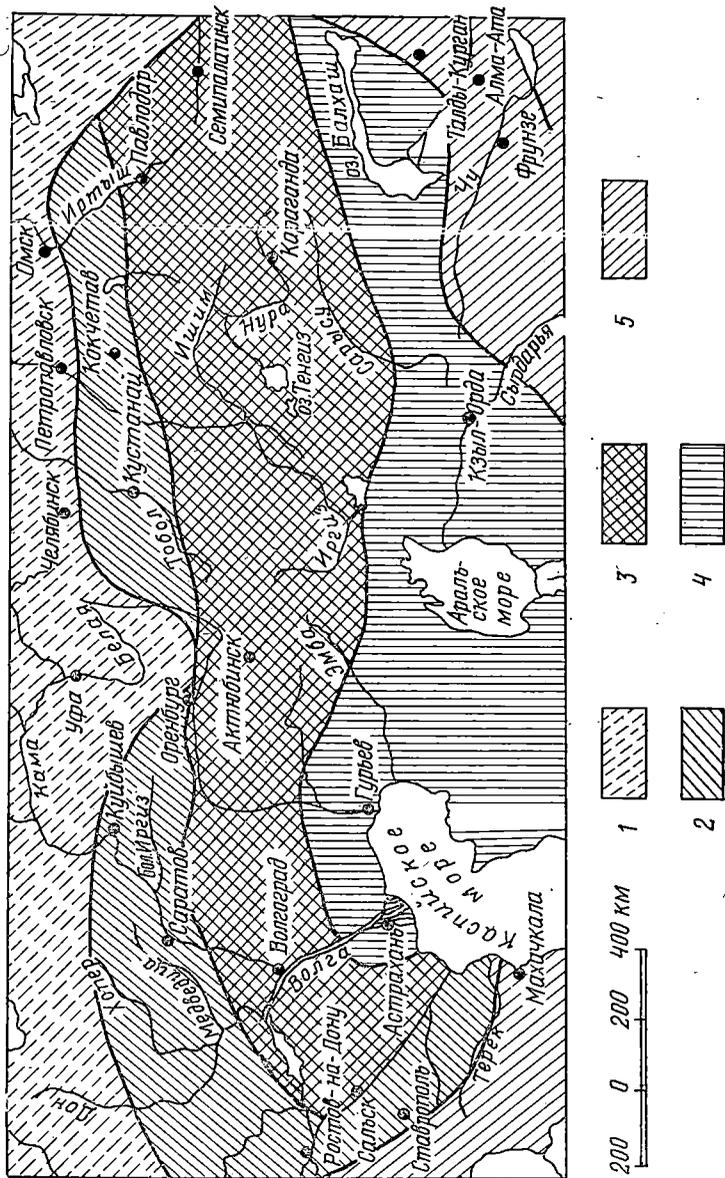


Рис. 43. Зоны распространения лиманного орошения:

1 — лесостепь; 2 — степная; 3 — пустынно-степная; 4 — луговая; 5 — горно-луговая.

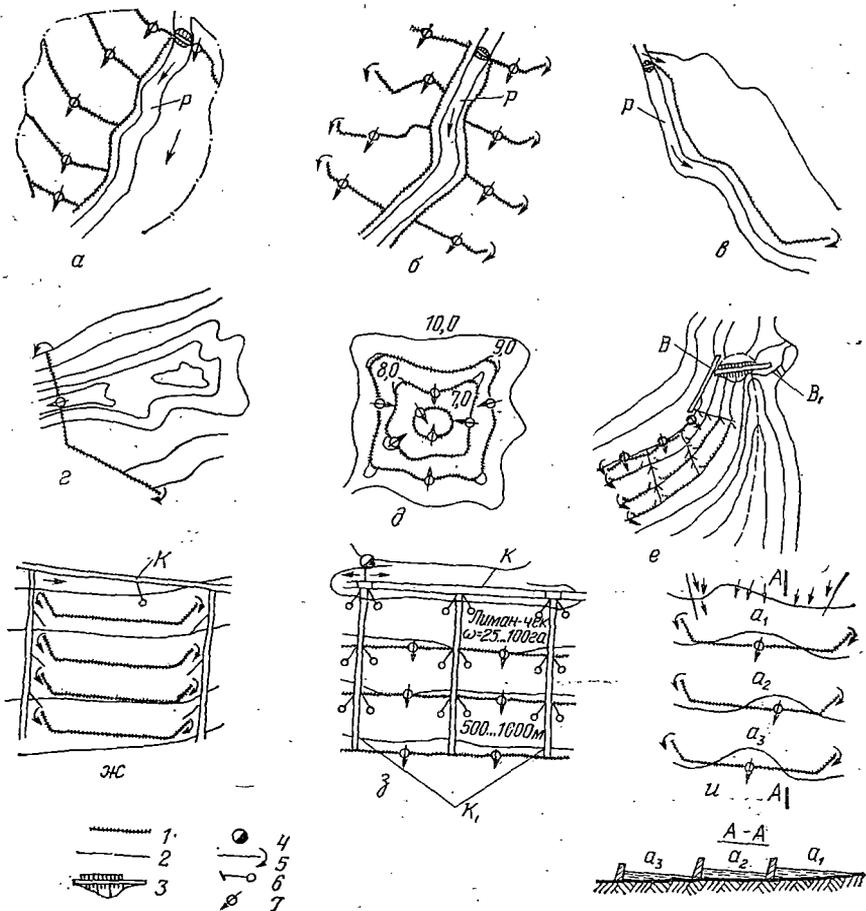


Рис. 44. Схемы лиманов:

a — ярусные с пропуском паводка по пойме; *б* — ярусные в пойме реки; *в* — проточные; *г* — простой лиман; *д* — ярусные в котловине; *е* — ярусные с питанием из водохранилища; *жс* — ярусные с питанием из канала; *з* — оросительная система с лиманами-чекями; *и* — мелководный ярусный лиман; 1 — водоудерживающие вальсы; 2 — распределительные и струна-правящие вальсы; 3 — плотины; 4 — насосная станция; 5 — естественные водообходы; 6 — водовыпуски; 7 — водоспуски; *P* — река; *B* — водоспускной канал; *B₁* — водослив; *K* — канал; *K₁* — распределительные каналы; *a₁*, *a₂* и *a₃* — соответственно 1, 2 и 3-й ярусы.

лиманы, расположенные на склонах и наполняющиеся талой водой, которая стекает с вышележащего водосбора;

припрудовые лиманы, которые располагаются ниже пруда и наполняются водой, сбрасываемой из пруда в период прохождения паводка. Такие лиманы можно применять в течение всего вегетационного периода, так как площадь их размещается ниже уровня воды в прудах;

лиманы, устраиваемые в поймах рек с использованием весенне-го паводка, проходящего через поймы этих рек.

Лиманы бывают одноярусными (простыми) и ярусными. На рисунке 44 приведены схемы лиманов, применяемые в различных зонах страны.

По глубине затопления лиманы разделяются на мелководные и глубоководные. Лиманы, у которых средняя глубина затопления до 0,3 м, называют мелководными, при глубине затопления более 0,3 м их называют глубоководными.

Площади, отводимые под лиманное орошение, должны иметь небольшой уклон — до 0,005; наилучшие условия складываются, когда эти территории имеют выравненный рельеф с уклонами до 0,001.

В этом случае при постройке невысоких земляных валов образуются лиманы большой площади.

Опыт лиманного орошения в нашей стране показал, что более эффективными являются мелководные лиманы. Они обеспечивают более равномерное увлажнение почвы по сравнению с глубоководными лиманами. На мелководных лиманах эффективнее используется паводковая вода. При лиманном орошении влажность почвы в корнеобитаемом слое (1...1,5 м) следует повышать до наименьшей влагоемкости. Поэтому оросительную норму или средний слой затопления лимана вычисляют по формуле

$$h = 0,1HA (\gamma_{\text{пр}} - \gamma),$$

где h — средний слой затопления лимана, м; H — слой промачиваемой почвы, м; A — скважность промачиваемого слоя, % к объему почвы; $\gamma_{\text{пр}}$ — влажность промачиваемого слоя, соответствующая наименьшей влагоемкости, % от скважности; γ — влажность почвы перед затоплением, % от скважности.

Оросительная норма (брутто) в зависимости от климатической зоны расположения лимана, характера его сельскохозяйственного использования, водно-физических свойств почвогрунтов, глубины залегания грунтовых вод и других факторов принимается в пределах от 1500 до 4000 м³/га.

На ярусных лиманах у подошвы верхнего вала держится минимальный слой воды — 6...10 см, у нижнего наблюдается максимальная глубина.

Ширину лиманов, нормальную к горизонталям местности (расстояние между валами), определяют по формуле

$$l = \frac{h_{\text{н}} - h_{\text{в}}}{i} = \frac{2h_{\text{ср}} - h_{\text{в}}}{i},$$

где l — ширина лимана, расстояние между валами, м; $h_{\text{н}}$, $h_{\text{в}}$ — глубина воды у нижнего и верхнего вала, м; i — средний уклон поверхности лимана; $h_{\text{ср}}$ — средняя глубина затопления лимана, м.

$$h_{\text{ср}} = (h_{\text{н}} + h_{\text{в}}) : 2.$$

Ширина лимана обычно бывает от 100 до 700 м. Длину лимана (вдоль горизонталей) в целях облегчения работ по распределе-

нию воды по лиману, его наполнения и опорожнения берут не более 500...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 лимана подтапливала верхний вал на 5...10 см. В верхнем ярусе лимана 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. Ширина вала по гребню берется не менее 0,5 м, а при насыпке валов бульдозерами ширину гребня доводят до 2,2 м. При такой ширине гребня валов возможна механизированная насыпка вала и тщательное послойное уплотнение грунта на полную высоту. На мелководных лиманах высота валов обычно составляет 0,5...0,8 м, на глубоководных — 2 м и более. На мелководных лиманах валы сооружают так, чтобы они были проходимыми для сельскохозяйственных машин, с крутизной откосов 1 : 4 или 1 : 5. Откосы валов укрепляют посевами многолетних трав. Валы глубоководных лиманов значительной высоты насыпают согласно техническим условиям по насыпке невысоких земляных плотин. Место расположения валов намечают с помощью геодезических инструментов (теодолита и нивелира). Земляные работы по насыпке валов выполняют грейдерами, бульдозерами, тракторными плугами с удлиненными отвалами. Перед насыпкой валов по их трассе растительный слой снимают на глубину 30...40 см. Его потом используют для насыпки (10...15 см) по гребню и откосам валов, для задернения и придания им хорошей устойчивости.

Продолжительность затопления лиманов составляет несколько суток, в течение которых в почву впитывается объем воды, равный M_{6p} . Чаще всего затопление длится 3...6 и не более 10...12 сут. Продолжительность затопления лиманов назначают с учетом особенностей развития возделываемых на лимане сельскохозяйственных культур: для естественных трав не более 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 затопления оставшуюся в лимане воду сбрасывают через водовыпуски и начинают весенние работы. Для выпуска воды из лимана в нижних валах каждого яруса устраивают водовыпуски (деревянные, из асбестоцементных труб или бетона).

Площадь мелководного лимана без сброса талой воды за пределы лимана определяют по формуле

$$F = W_p / M_{6p},$$

где F — площадь лимана нетто, га; W_p — объем стока заданной обеспеченности. Лиманы рассчитывают на сток 50%-ной обеспеченности; M_{6p} — оросительная норма брутто, м³/га.

Согласно санитарным требованиям, лиманы следует располагать вдали от населенных пунктов. Грунтовые воды на участках лиманного орошения должны залегать не ближе 3..4 м от поверхности земли. Границы полей на лиманах совмещают с трассами расположения валов.

По внешней границе лимана высаживают лесные насаждения, по откосам дамб и на прирусловых частях пойм рек — древесные и кустарниковые породы.

Глава 12. ОРОШЕНИЕ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

§ 66. Понятие о сточных водах и их очистке

Сточными называют воды канализационной сети городов и сельских населенных пунктов. Это фекальные и хозяйственные воды, сброс воды из бань, прачечных, сток уличных талых и дождевых вод, сброс вод с фабрик, предприятий общественного питания, животноводческих комплексов и др.

Степень загрязнения сточных вод городов зависит от характера производства, вида перерабатываемого сырья на фабриках и заводах, а также технологического процесса промышленных предприятий. Сточные воды содержат органические вещества, микроорганизмы, растительные и животные остатки и др.

В санитарном отношении бытовые сточные воды опасны: в 1 л их содержится от 7 до 200 яиц гельминтов и большое количество патогенных бактерий. Поэтому сточные воды следует обязательно удалять за пределы населенных пунктов и обезвреживать.

В сточных водах содержится много органических соединений. При сбросе их в реки под воздействием микрофлоры и фауны они подвергаются интенсивному окислению, вследствие чего происходит обеднение речной воды кислородом, а в результате гибель рыбы.

В связи с развитием новых отраслей промышленности, новых технологических процессов промышленные сточные воды иногда содержат трудноудаляемые загрязнители, для очистки которых требуются дополнительные мероприятия. Хорошим приемом очистки бытовых и промышленных сточных вод являются земледельческие поля орошения (ЗПО) — водохозяйственные объекты, оборудованные для непрерывного приема определенного количества сточных вод в течение всего года с целью их очистки или доочистки и использования для орошения. Просачиваясь через слой почвы при поливе, они очищаются от бактерий и освобождаются от большинства растворенных химических соединений.

Химический и механический состав сточных вод в городах нашей страны неодинаков, изменяется он и в течение года в зависимости от погодных условий. Так, весной в период снеготаяния и при выпадении дождей талые и ливневые воды, попадая в канализационную сеть, сильно разбавляют сточные бытовые воды, при этом содержание азота в них понижается в 4..5 раз; в засушли-

вые периоды года концентрация азота, калия и фосфора увеличивается.

При очистке сточных вод на биологических станциях в отстойниках происходит осаждение твердых веществ, в результате чего образуется осадок, который составляет 0,25...1% объема стоков сточных вод. Осадок содержит большое количество азота и фосфора и может использоваться как удобрение.

Азота и фосфора в осадках иловых площадок содержится больше, а калия — в 8,6 раза меньше, чем в конском навозе.

Однако, несмотря на высокую удобрительную ценность осадка сточных вод, основная часть питательных веществ содержится в осветленных сточных водах. Поэтому использование осветленных сточных вод для орошения является наиболее эффективным мероприятием.

Органические вещества в осадке сточных вод являются опасными в санитарном отношении, поэтому их подвергают разложению, то есть полной минерализации с помощью микроорганизмов. Содержание органических примесей определяется биологической потребностью (БПК₅) в кислороде для окисления углерода и водорода органического вещества сточных вод за 5 сут, выраженной в мг/л. Степень органического загрязнения характеризуется еще и полной химической потребностью в кислороде (ХПК) для окисления всего количества органического вещества в сточной воде. Для оценки сточных вод определяют еще и такие показатели: плотный и прокаленный остаток, содержание HCO_3^- , Cl^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , общий, аммонийный и нитратный азот, окисляемость, содержание специфических органических веществ (фенола, формальдегида и др.), наличие хрома и тяжелых металлов — свинца, олова и др.

По степени пригодности для орошения промышленные сточные воды в зависимости от химического состава, почвенных, климатических и гидрогеологических условий делятся на следующие группы:

хозяйственно-бытовые, воды предприятий текстильной (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 БПК₅ не более 200 мг/л. Соотношение натрия и кальция благоприятное — не более 1 : 2. Сода отсутствует. Эти воды могут быть использованы для орошения сельскохозяйственных культур во всех почвенно-климатических зонах страны без какой-либо подготовки;

сточные воды пищевой промышленности: крахмальных, сахарных, дрожжевых, консервных заводов и мясокомбинатов. Эти воды сравнительно благоприятны по составу, но имеют повышенное содержание органического взвешенного осадка. Минерализация их достигает 2...3 г/л, реакция воды слабокислая. Состав бикарбонатно-сульфатный. Соотношение натрия и кальция благоприятное.

Сода в них отсутствует. Содержание осадка колеблется от 5 до 50 г/л. Эти воды можно использовать для орошения сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых, серых лесных (оподзоленных), каштановых и черноземных почвах. При использовании этих вод для орошения из них удаляют осадок, а затем разбавляют речной или прудовой водой;

сточные воды текстильной промышленности: хлопчатобумажного и отбельно-красильного производства. Эти воды имеют невысокую минерализацию (до 2 г/л); реакция щелочная. Состав карбонатно-сульфатный. В воде содержится много соды (200..300 мг/л). Органические вещества в воде почти отсутствуют. Для орошения эти воды пригодны после предварительной подготовки, необходимо провести максимальное удаление соды. Наиболее целесообразно использовать их для орошения на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и осушенных торфяниках;

сточные воды химической и калийно-фармацевтической промышленности, воды заводов синтетического волокна и каучука. Эти воды имеют повышенную минерализацию (3...5 г/л), кислую или щелочную реакцию. Состав вод сульфатно-хлоридный. Соотношение натрия и кальция неблагоприятное. В воде содержится большое количество органических взвешенных веществ искусственного происхождения. Для орошения они пригодны только после предварительной подготовки — нейтрализации, разбавления до минерализации 1...2 г/л и снижения содержания натрия и органических веществ.

Сточные воды городской канализационной сети чаще всего являются смешанными, состоящими из хозяйственно-бытовых и промышленных. Очистку сточных вод крупных городов и промышленных центров проводят на мощных очистных станциях аэрации. Промышленные сточные воды проходят предварительную обработку внутри цехов предприятий, где удаляются из воды взвеси различных токсических веществ, которые могут отрицательно повлиять на биологические процессы очистки сточных вод.

В смешанных городских и поселковых сточных водах могут содержаться токсичные для растений вещества, поэтому путем обработки на очистных станциях вредные вещества удаляют. Загрязненность ими сточных вод не должна превышать допустимых норм. Каждый вид сточных вод очищают по определенной технологии. Смешанные сточные воды в настоящее время обычно подвергают комплексной очистке, то есть механической и биологической.

При механической очистке воды пропускают через решетки, жиroleвки и первичные отстойники. С помощью решеток задерживаются крупные взвешенные в воде и плавающие предметы (бумага, тряпки и др.). Задержанные решетками крупные отбросы измельчают дробилками и спускают в поток очищенных от крупных частиц вод. С помощью песколовков задерживаются крупные минеральные частицы, главным образом песок, который транс-

портируется на песковые площадки для обезвреживания. Содержащиеся в сточной воде жировые вещества задерживаются при прохождении через жироловки. Протекая через первичные отстойники, сточная вода освобождается от взвешенных веществ. После предварительной очистки сточных вод их направляют на последующую очистку, например биологическую. В первичном отстойнике может быть проведена и окончательная очистка сточных вод, если степень очистки будет достаточной для орошения полей или выпуска в реку.

Отстойники делают проточными. Длина отстойника такова, что вода с малой скоростью (1 мм/с) протекает через него за 1,5...2 ч. За этот период все взвеси сточных вод осаждаются на дно. Вместе с крупными взвешенными частицами в отстойнике осаждаются до 80...90% яиц гельминтов и 50...60% общего числа бактерий. При механической очистке из бытовых стоков удаляется до 60% нерастворимых частиц и БПК₅ снижается на 20%. Если перед входом сточных вод в отстойники предварительно их подвергнуть аэрации, то эффективность механической очистки повышается до 75%, а БПК₅ снижается на 40...45%.

Механически осветленные сточные воды далее подвергают биологической очистке в естественных или искусственных условиях. К естественным методам очистки относятся биологические пруды, поля фильтрации и поля орошения (рис. 45). В настоящее время на полях орошения по санитарно-гигиеническим условиям разрешено поливать следующие культуры: технические, зерновые, кормовые и силосные; однолетние и многолетние травы; овощные, употребляемые в пищу после термической обработки (свекла, тыква, кабачки и баклажаны); капусту, не применяемую в салат в свежем виде; картофель; плодово-ягодные и декоративные насаждения; любые культуры при внутрипочвенном орошении.

Полив осветленными сточными водами благодаря их удобрительным свойствам дает более высокие урожаи сельскохозяйственных культур по сравнению с поливом из естественных водных источников. Так, в совхозе «Ногинский» Ногинского района Московской области при поливе многолетних трав урожаем зеленой массы достигал 528 ц/га, или в 3,4 раза выше, чем без орошения. В колхозе им. Мичурина Одесской области при орошении сточными водами урожай капусты, столовой и кормовой свеклы, картофеля, кукурузы (зерно) и люцерны (сено) был соответственно на 160, 251 и 190, 150, 171 и 343% выше, чем без орошения.

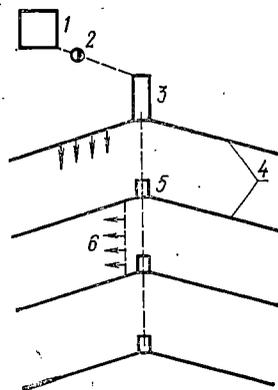


Рис. 45. Схема оросительной сети при поливе сточными водами поля орошения:

1 — населенный пункт; 2 — насосная станция; 3 — отстойник; 4 — оросительные каналы; 5 — колодец-водо-выпуск; 6 — направление полива.

Поля орошения сточными водами должны быть хорошо выровнены. На таких полях качество бороздного полива будет высокое. На полях же с сильно выраженным микрорельефом при поливе наблюдается неравномерное увлажнение, на пониженных местах — переувлажнение, на повышенных — недостаточное увлажнение.

В настоящее время в ряде научных учреждений применяют внутрипочвенный полив сточными водами, наилучший в эпидемиологическом отношении, но пока очень дорогой в исполнении.

§ 67. Подготовка животноводческих стоков для орошения

В практике использования для орошения сточных вод животноводческих ферм и комплексов наиболее широкое распространение получила схема, приведенная на рисунке 46.

По этой схеме подготовка сточных вод для полива происходит следующим образом. Жидкий навоз из животноводческих помещений удаляют скребковыми транспортерами или водой (гидросмывом). При гидросмыве жидкий навоз по самотечным бетонным каналам (желобам) поступает в жижеборник.

Ввиду того что жидкий навоз представляет собой полидисперсную массу, в жижеборнике происходит первоначальное разделение навозной жижи на три части в зависимости от плотности составляющих частиц. На дно жижеборника 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, подстилки и др.). Плотный осадок со дна жижеборника с помощью погрузчика поднимают на поверхность и вывозят на поля. Жидкую часть стоков фекальными насосами по трубопроводам перекачивают в горизонтальные отстойники-навозонакопители. В отстойниках происходит окончательное осветление стоков, то есть разделение жидкого навоза на плотный остаток и осветленный сток. В отстойниках-навозонакопителях происходит также осаждение яиц гельминтов. Режим работы отстойников должен строго соблюдаться, так как только при правильной их эксплуатации происходит полная дегельминтизация стоков; их

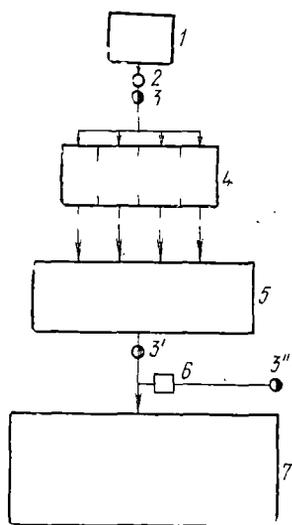


Рис. 46. Схема орошения сточными водами животноводческих ферм:

1 — животноводческая ферма (комплекс); 2 — жижеборник; 3 — насосная станция; 3' — насосная станция осветленных стоков и чистой воды; 4 — отстойники-навозонакопители; 5 — резервуар осветленных стоков; 6 — смеситель стоков и чистой воды; 7 — поля орошения.

осветление и подсушивание плотного остатка. Полное осаждение яиц гельминтов в отстойниках обычно наблюдается на 3...4-й день. Скорость осаждения яиц гельминтов составляет 1 мм/мин. Яйца гельминтов содержатся в жидком навозе свиноводческих ферм. В стоках животноводческих ферм крупного рогатого скота яиц гельминтов почти нет.

Осветленные стоки из отстойников-навозонакопителей обычно самотеком подаются в земляные водоемы-резервуары, откуда самотеком или насосами подаются в открытую или закрытую оросительную сеть.

§ 68. Оросительные нормы

Оросительные нормы осветленных стоков определяют с учетом содержания азота, фосфора, калия и потребности сельскохозяйственных культур в воде и питательных элементах (НРК).

В животноводческих стоках содержится значительное количество азота, фосфора и калия. По данным В. А. Никитина, Г. Н. Пичуриной и др., в животноводческих стоках общего азота содержится 0,3, фосфора — 0,08, калия — 0,7%, но в процессе подготовки сточной воды и при длительном ее выдерживании в накопителях содержание этих веществ уменьшается. Так, в осветленных стоках животноводческого комплекса колхоза «Россия» Щебекинского района Белгородской области азота, фосфора и калия содержится соответственно 0,037, 0,0126 и 0,024%.

В связи со значительными колебаниями содержания N, P, K в осветленных стоках животноводческих комплексов оросительные годовые нормы рассчитывают с учетом данных химического анализа сточных вод.

Годовую оросительную норму определяют по формуле

$$M_{o.c} = \frac{P}{10ns},$$

где $M_{o.c}$ — годовая оросительная норма осветленных стоков, м³/га; P — норма выноса питательных элементов (НРК) орошаемой культурой при планируемой урожайности, кг/га; n — коэффициент использования питательных элементов растениями (для азота 0,6...0,7, для калия 0,6, для 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 запланированном урожае кукурузы (силосной массы) 600 ц/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:

$$\text{по азоту } M_{o,c} = \frac{300}{10 \cdot 0,7 \cdot 0,065} = 660 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$\text{по фосфору } M_{o,c} = \frac{60}{10 \cdot 0,6 \cdot 0,01} = 1000 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$\text{по калию } M_{o,c} = \frac{180}{10 \cdot 0,6 \cdot 0,025} = 1200 \text{ м}^3/\text{га}.$$

В приведенном примере принимают оросительную норму, рассчитанную по азоту. Оросительную норму, рассчитанную по фосфору или калию, брать нельзя, так как при этом на орошаемое поле будет внесена лишняя доза азота, превышающая потребность кукурузы в нем. Недостающее количество фосфора и калия вносится 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 проводят для всех орошаемых культур севооборота.

Общую площадь орошения животноводческими стоками определяют по формуле

$$\omega = \frac{10Wsa}{\sum \frac{n}{k}}$$

где ω — возможная площадь орошения животноводческими стоками, га; W — годовой объем стоков, м³; s — содержание азота в поливной воде, %; a — число культур в орошаемом севообороте; n — вынос азота каждой культурой севооборота, кг/га; k — коэффициент использования азота растениями.

В том случае, когда в осветленных животноводческих стоках содержится немного азота — 0,015% и менее, то оросительную норму сельскохозяйственных культур севооборота рассчитывают по водопотреблению.

§ 69. Способы полива осветленными животноводческими стоками

Орошение сельскохозяйственных культур осветленными стоками животноводческих ферм проводят дождеванием, по бороздам, напуском по полосам и затоплением по чекам.

Орошение полей и лугов осветленными животноводческими стоками повышает урожай сельскохозяйственных культур, экономит затраты труда на производство продукции растениеводства и животноводства. При поливе дождеванием жидкий навоз (стоки) разбавляют чистой водой для зимних поливов в соотношении 1:1, для летних — 1:3 или 1:4. При дождевании полив почти полностью механизирован, вследствие чего производительность труда выше, чем при поверхностном поливе. При дождевании не требуется планировки полей, поливная вода равномернее, чем при поверхностном поливе, распределяется по орошаемому полю, более точно регулируются поливные и оросительные нормы.

Для полива сельскохозяйственных культур осветленными стоками применяют дальнеструйные дождевальные машины ДДН-70 и ДДН-100 и среднеструйные дождевальные машины «Волжанка» и др. Однако полив дальнеструйными дождевальными машинами имеет ряд недостатков. При скорости ветра 3 м/с и более качество полива снижается, по заветренной стороне далеко разносятся мелкие капли стоков и запах навоза, крупные капли дождя уплотняют почву, работа поливальщиков при этом сильно усложняется. При использовании среднеструйных дождевальных машин типа «Волжанка» перечисленные недостатки в значительной степени устраняются.

На выровненных полях, имеющих уклон от 0,001 до 0,02, полив осветленными стоками культур сплошного сева (зерновые, многолетние травы) проводят поверхностными способами: напуском по полосам и затоплением по чекам.

Поливные полосы нарезают одновременно с севом культур. Осветленные стоки на полосы подают по выводной борозде, капроновому рукаву или разборному металлическому трубопроводу.

На ровных, хорошо спланированных полях с уклоном не более 0,001 полив зерновых культур проводят затоплением по чекам. При поливе по чекам валики, ограждающие отдельные площадки (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. На поле, предназначенном для вспашки, 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 самоотеком направляются в плужную борозду и текут по ней вниз по уклону поля. При последующем проходе трактора плужная борозда, наполненная стоками, запахивается, а в следующую плужную борозду снова самоотеком поступают стоки. И так этот процесс продолжается до окончания вспашки данного поля.

В осенний период и с наступлением заморозков полив животноводческими стоками на пашне можно проводить по бороздам-щелям, нарезанным бороздоделателями-щелерезами. На многолетних травах полив ведут напуском по уклону поля с предварительным щелеванием поверхности почвы. Щелевание проводят культиватором КПП-250, на котором вместо ножей плоскорезов устанавливают специальные щелерезы. Эти мероприятия способствуют лучшему проницанию стоков в почву.

Глава 13. БОРЬБА С ЗАСОЛЕНИЕМ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ

§ 70. Засоление земель

Засоленными называют такие почвы, в корнеобитаемом слое которых наблюдается избыточное накопление растворенных и поглощенных солей, угнетающих развитие сельскохозяйственных рас-

тений. Засоленные земли расположены главным образом в засушливых степных районах страны, при степной стадии почвообразования. Они приурочены преимущественно к пониженным элементам рельефа (шлейфы склонов, речные долины и др.), а также к площадям с близким залеганием грунтовых вод. Грунтовые воды в засушливых районах, как правило, отличаются высокой минерализацией, поэтому подъем их опасен для растений и почвы.

По В. Р. Вильямсу первичным источником накопления солей в почве в засушливых зонах страны являются почвообразующие горные породы, представленные в основном карбонатной мореной. В условиях засушливого климата происходит 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 (NaCl и Na_2SO_4), вместе с почвенной водой перемещаются в пониженные элементы рельефа, где идет накопление этих солей. С увеличением содержания в почвенном растворе солей натрия происходит вытеснение из коллоидной части почвы кальция, его замещают ионы натрия. В результате насыщения перегнойной почвы поглощенным натрием почва теряет водопрочную структуру и превращается в бесструктурную. Этот процесс проявляется наиболее активно при наличии в почвенном растворе солей карбоната и бикарбоната натрия (соды). При этом поглощенный кальций замещается натрием, в результате чего та часть перегнойной, в которой поглощенный кальций замещен натрием, образует коллоидный раствор.

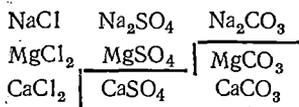
Деградирующие черноземы в таких условиях превращаются в солонцы, которые совершенно не поддаются обработке. Во влажном состоянии они бесструктурны, почти непроницаемы для воды, а при высыхании приобретают твердое и глыбистое строение.

Ниже по склону количество растворимых солей увеличивается за счет притока их с водораздела и приводораздельных площадей. Здесь солонцы приобретают ложную непрочную структуру и 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 растворенные соли в почвенном растворе содержатся в большом количестве.

Почвообразовательный процесс, таким образом, в засушливых степях ведет к разрушению перегнойной и структуры почвы, накоплению в верхних слоях почвы солей, уменьшению фильтрационных свойств почвы и усилению восходящих капиллярных токов воды в почве.

Засоленные почвы обладают низким плодородием, урожаи на них незначительные. Это обуславливается наличием в корнеобитаемом слое вредных солей, которые оказывают угнетающее действие на развитие сельскохозяйственных культур, а в ряде случаев приводят к их гибели. Культурные растения обладают разной степенью солеустойчивости. Из зерновых наиболее чувствительна к засолению почвы кукуруза. Бобовые культуры малосолеустойчивы. Плодовые культуры, за исключением груши, инжира и винограда, совершенно не выносят засоленных почв. По степени вредности для сельскохозяйственных культур главнейшие водорастворимые соли (по Л. П. Розову) можно расположить в следующем порядке:



Соли, расположенные выше черты, вредны для растений, а ниже — безвредны.

В хлопководческих районах Средней Азии почвы подразделяются по степени засоленности (табл. 27), по содержанию в почвенном растворе плотного остатка и хлора.

Таблица 27. Подразделение почв по степени засоленности

Степень засоления почв	Плотный остаток, % от массы почвы	Содержание хлора, % от массы почвы
Незасоленные	<0,2	<0,01
Слабая	0,2...0,3	0,01...0,04
Средняя	0,3...0,6	0,04...0,10
Сильная	0,6...1,0	0,10...0,20
Солончаки	>2,0...3,0	>0,20

Солеустойчивость растений в сильной степени зависит от почвенных и климатических условий. На тяжелых глинистых и суглинистых почвах и в условиях сухого и жаркого климата она уменьшается; на песчаных и легких суглинистых почвах и во влажных условиях, наоборот, увеличивается. С повышением органического вещества в почве солеустойчивость растений также возрастает.

Довольно широкое распространение в природных условиях получило засоление почв от поступления солей с капиллярными токами из соленоватых или соленых грунтовых вод, когда глубина их залегания бывает меньше высоты капиллярного поднятия данных почвогрунтов. Высота капиллярного подъема воды тем выше, чем бесструктурнее почва и тяжелее по механическому составу. В суглинистых почвогрунтах высота капиллярного подъема достигает 2,5...4 м. При залегании грунтовых вод на орошаемой территории на глубине 2...3 м и ближе от поверхности вода, поднимающаяся по почвенным капиллярам, достигает верхних слоев

почвы, здесь происходит испарение воды, а соли остаются в почве. Таким путем в верхних горизонтах почвы постепенно накапливаются соли. Чем ближе к поверхности стоят грунтовые воды, тем интенсивнее испаряется вода и засоляются почвы. При стоянии грунтовых вод на глубине 6 м от поверхности опасность засоления корнеобитаемого слоя почвы 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 в виде капиллярного сброса уходит в грунтовые воды. Очень сильно грунтовые воды поднимаются в зоне оросительных каналов в результате фильтрационных потерь воды из них. На орошаемых землях во избежание засоления грунтовые воды должны стоять на глубине не меньше критической или минимальной глубины.

Критическую глубину залегания грунтовых вод $h_{кр}$ определяют по формуле

$$h_{кр} = h_{max} + a,$$

где h_{max} — наибольшая высота капиллярного поднятия воды в данном почвогрунте; a — глубина распространения основной корневой системы сельскохозяйственных культур, принимается равной 0,5...0,8 м.

Критическая глубина залегания грунтовых вод колеблется от 1,5 м для легких почв до 3,5 м для почв тяжелого механического состава.

Критическая глубина залегания грунтовых вод зависит также от степени их минерализации. Так, для лёссовых почв критическую глубину принимают в следующих пределах:

минерализация грунтовых вод,				
г/л	глубина $h_{кр}$, м	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

Для предупреждения накопления солей в верхних слоях почвы необходимо проводить следующие мероприятия (по А. Н. Костякову):

путем создания и поддержания комковатой структуры почвы обеспечить снижение высоты капиллярного поднятия грунтовых вод;

улучшением структуры почвы (травосеяние и внесение органических удобрений) и соответствующей обработкой уменьшать испарение влаги из почвы;

правильным нормированным водопользованием поддерживать достаточную глубину уровня грунтовых вод;

при близком стоянии минерализованных грунтовых вод обеспечивать их отток путем закладки дренажа.

В системе мер по предупреждению и борьбы с засолением почв большое значение имеет комплекс агротехнических мероприя-

тий на орошаемых землях, способствующий уменьшению испарения влаги.

Для уменьшения капиллярного поднятия воды в верхние слои почвы и испарения влаги с поверхности почвы необходимо создавать и поддерживать в пахотном слое мелкокомковатую структуру.

Это достигается посевом многолетних трав, глубокой вспашкой, внесением органических удобрений, своевременным послеполивным рыхлением почвы. Травы улучшают агрегатный состав почвы, снижают температуру и повышают относительную влажность воздуха над орошаемым полем. Кроме того, они затеняют поверхность почвы, уменьшают температуру и испарение влаги из почвы, вследствие чего снижается поднятие солей в верхние ее слои.

На орошаемых полях, занятых многолетними травами, довольно интенсивно идет процесс накопления не только урожая наземной зеленой массы, но и органического вещества в корневой системе. При разложении корней трав после вспашки поля значительно увеличивается количество перегноя в почве. Плодородие почвы резко повышается. Заметно улучшается структура пахотного слоя. С улучшением структуры почвы возрастают ее фильтрационные свойства (водопроницаемость).

С целью предупреждения засоления почвы и сбережения воды на орошаемых полях проводят мероприятия по уменьшению испарения влаги с поверхности почвы. Для этого, помимо создания комковатой структуры и затенения почвы, необходимо снижать силу ветра путем посадки по границам орошаемых полей защитных лесных полос. Лесные полосы вдоль постоянных оросительных каналов значительно снижают скорость ветра, повышают влажность воздуха в приземном слое, вследствие чего уменьшается испарение влаги из почвы и интенсивность поднятия солей в верхние ее слои. Лесные полосы в период интенсивной их вегетации (май...октябрь) поглощают большое количество фильтрующейся из каналов воды и тем самым способствуют понижению уровня грунтовых вод в зоне оросительных каналов. Лесные полосы 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 ветра 5...6 м/с — на 25% по сравнению с необлесенными полями. 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 системы, каналов, дамб и сооружений на оросительной сети; опорожнение каналов от излишней воды в период паводков, после поливов и при авариях на оросительной сети.

§ 71. Дренаж на орошаемых землях

В тех случаях, когда на орошаемых землях высокоминерализованные грунтовые воды залегают близко к поверхности, нет достаточного естественного их оттока и нет возможности эксплуатационными мероприятиями понизить их уровень, устраивают дренаж.

В хлопководческих орошаемых хозяйствах уровень грунтовых вод должен стоять не ближе 2,5...3 м к поверхности почвы. При этом допускается кратковременный подъем грунтовых вод после полива до 1,2...1,3 м от поверхности на срок не более 7...8 дней. Для снижения уровня грунтовых вод и их отвода с орошаемой территории в зависимости от гидрогеологических, почвенных и хозяйственных условий применяют открытые каналы, закрытый горизонтальный или вертикальный дренаж.

Сеть открытых дренажных каналов и закрытый дренаж на орошаемых землях с близким залеганием грунтовых вод носят систематический или выборочный характер.

Открытые дренажные каналы не должны препятствовать механизации сельскохозяйственных работ на полях и устройству временной оросительной сети. Открытый дренаж применяют на участках с малым уклоном и при невысокой водопроницаемости почв. Открытые каналы отводят грунтовые и поверхностные воды. Каналы глубиной 1,5...2,5 м прокладывают на расстоянии 200...500 м один от другого. Они впадают в каналы-коллекторы глубиной 2,5...3,5 м. Во избежание заиливания открытых каналов скорость движения воды должна быть в них не менее 0,25...0,40 м/с, а уклон — не менее 0,001...0,003.

Открытая сеть коллекторно-дренажной сети имеет ряд существенных недостатков: частая сеть каналов затрудняет 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 отводится часть орошаемой площади; расходы на эксплуатацию открытых каналов бывают значительны, иногда 2,5...8% строительной стоимости сети. Поэтому в настоящее время на орошаемых землях нашей страны и за рубежом широко применяют закрытый дренаж для предупреждения земель от засоления.

Горизонтальный закрытый дренаж более эффективен по сравнению с открытым. Он хорошо понижает грунтовые воды и отводит их с орошаемой территории (рис. 47).

Закрытый дренаж устраивают из гончарных асбестоцементных, бетонных или пластмассовых труб: для первичных и групповых дрен диаметром 10...20 см и для коллекторов диаметром до 50 см. Гончарные трубы укладывают встык с зазором 0,5...1 мм, через которые грунтовые воды просачиваются в дренаж. Во избежание заиливания дрен стыки труб на $\frac{2}{3}$ их окружности прикрывают толем, мешковиной, стеклохолстом или обсыпают гравием. В легких

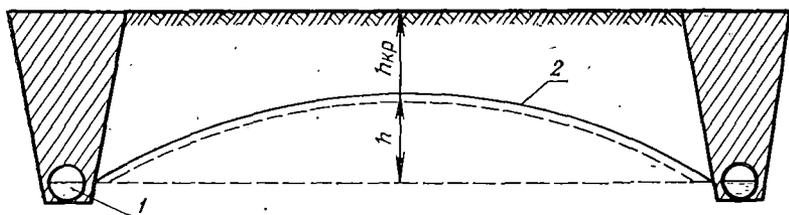


Рис. 47. Действие закрытого горизонтального дренажа:
1 — дрена; 2 — депрессионная кривая.

суглинистых грунтах под дренажные трубы делают гравийную подстилку слоем 10 см, и стыки труб обсыпают щебнем и гравием.

Чтобы дренажная система работала более эффективно, дрены располагают в направлении гидроизогипс, а коллекторы — вдоль по уклону местности. Закрытый дренаж укладывают на расстоянии не менее 20...30 м от оросительных каналов; он не должен проходить под ними во избежание фильтрации воды из оросительных каналов в дрены.

Грунтовые воды на орошаемой территории под некоторым напором просачиваются в дрены, текут по ним, попадают в коллекторы и далее в водоприемник. Уровень грунтовых вод под действием дренажа снижается, а между дренами образуется депрессионная поверхность. Параболический свод поверхности грунтовых вод обращен выпуклостью кверху. 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 дрены. Чем больше напор h над дренаем, тем выше скорость движения воды и больше расход воды, поступающей в дрены. С уменьшением напора скорость движения воды снижается, замедляется снижение уровня грунтовых вод. Практически нижним пределом напора грунтовых вод над уровнем воды в дрене считают в легких почвах 20...30 см, в средних — 30...40 и в тяжелых — 40...50 см, в действительности эти напоры могут еще снижаться. Предельное положение грунтовых вод между дренами должно быть не выше критической глубины $h_{кр}$ от поверхности почвы. Глубину заложения дрен H определяют по формуле

$$H = h_{кр} + h + h_0,$$

где h_0 — глубина воды в дрене.

Дренаж обычно закладывают на глубину 2...4 м. В зависимости от механического состава почвогрунтов (при глубине дрен 2...4 м) расстояние между дренами принимается в следующих пределах:

глинистые без песчаных прослоек	80...200 м
суглинистые без песчаных прослоек	200...300 м
» с песчаными прослойками	400...500 м
» хорошо водопроницаемые	500...600 м
» с прослойками гравия	600...1200 м

Дрены могут быть длиной 500 м и более. Диаметр дрен определяют гидравлическим расчетом. Зная уклон трассы дрены, диаметр ее d и скорость движения воды можно определить по рисунку 75.

Расход воды Q , поступающий в дрена, вычисляют по формуле

$$Q = q\omega,$$

где ω — площадь, с которой принимает воду дрена, га; q — модуль дренажного стока (количество воды, притекающее в дрена в 1 с с 1 га), л/(с·га).

Для суглинистых почвогрунтов модуль дренажного стока принимается $q=0,24...0,47$ л/(с·га), для песчаных — $q=0,28...0,70$ и для гравелистых — $q=0,7...0,9$ л/(с·га).

Во избежание заиливания дренажа его уклон должен быть не менее 0,002 и скорость движения воды — 0,35...0,8 м/с. По длине дренажа через каждые 100...200 м сооружают осадочные (смотровые) колодцы, которые периодически очищают от ила.

Вертикальный дренаж применяют для понижения грунтовых вод на орошаемых землях при определенных гидрогеологических условиях: при залегании хорошо водопроницаемых почвогрунтов (мощных крупнозернистых, песчаных или гравелистых слоев); на землях, подстилаемых галечниковыми аллювиальными отложениями, и др. В тяжелых грунтах с плохими фильтрационными свойствами применение вертикального дренажа нецелесообразно. Отводя грунтовую воду глубоких слоев, вертикальный дренаж способствует ускорению процесса рассоления почв орошаемых земель и распространению этого процесса на большую глубину, чем горизонтальный. Но по сравнению с горизонтальным вертикальный дренаж требует больших затрат энергии на откачку воды, поэтому эксплуатационные расходы у него выше, чем у горизонтального дренажа.

В настоящее время вертикальный дренаж широко используют на многих оросительных системах Средней Азии. По данным Н. М. Решеткиной, в Среднеазиатских республиках имеется возможность применения вертикального дренажа на площади до 1,5 млн. га.

Вертикальный дренаж сооружают в виде вертикальных буровых скважин диаметром 30...70 см и более и глубиной от 30 до 150 м, в зависимости от условий залегания водоносного пласта. Нижняя часть скважины оборудована в виде фильтра для приема грунтовой воды. Вертикальные 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 по-

ток грунтовых вод, поступающий на данную территорию извне, со стороны прилегающих земель. С учетом водопроницаемости водонесного слоя вертикальные скважины размещают на расстоянии 1,5...3 км одна от другой по уклону потока грунтовых вод и 0,7...1,5 км по горизонталям. Одна скважина обслуживает площадь от 100 до 400 га. В зависимости от дебита скважин их оборудуют глубинными погружными насосами подачей от 20 до 400 л/с (А. Н. Костяков).

§ 72. Промывка засоленных почв

На сильнозасоленных орошаемых землях удаление избытка солей из корнеобитаемого слоя почвы достигается промывкой ее водой. При промывке вода проходит через слои почвы, растворяет соли и вымывает их в грунтовые воды. На фоне дренажа процесс промывки почвы и ее рассоления проходит с наибольшей эффективностью.

Промывку проводят на почвах, содержащих в метровом слое более 0,02...0,03% хлора по массе. К началу посева сельскохозяйственных культур содержание ионов хлора не должно превышать 0,01% по массе.

Промывку почвы без дренажа проводят, когда грунтовые воды залегают достаточно глубоко, при наличии хорошего их естественного оттока за пределы орошаемой территории и при залегании ниже 1,5...2 м от поверхности хорошо водопроницаемых грунтов (галечник и др.). При залегании минерализованных грунтовых вод, не имеющих естественного оттока, на глубине менее 2...3 м от поверхности необходим дренаж.

Промывку почвы обычно проводят в осенний период, когда грунтовые воды стоят довольно глубоко. Перед промывкой поле должно быть спланировано, вспахано и заборонено, тогда просачивание поливной воды в глубь почвы будет проходить медленнее и равномернее. Для промывки поле делят на делянки — чеки площадью до 0,25 га. Промывку почвы проводят обычно в два периода.

В первый период при поливе происходит увлажнение корнеобитаемого слоя до наименьшей (полевой) влагоемкости, при этом соли, находящиеся в почве, переходят в раствор.

Второй полив проводят через 4...5 дней после первого. Во второй период происходит дальнейшее растворение солей в почве и вытеснение их из промываемого слоя почвы в грунтовые воды. Этот раствор солей вместе с грунтовыми водами поступает в дренажную сеть и отводится за пределы орошаемой территории. Разовые промывные нормы на легких почвах составляют 1500...1800 м³/га, на средних — 1900...2000 и на тяжелых 2000...2500 м³/га. Общую промывную норму (по Л. П. Розову) определяют по формуле

$$M = \Pi - m + nA,$$

где M — общая промывная норма, м³/га; Π — наименьшая влагоемкость промываемого почвенного слоя, м³/га; m — запасы воды в промываемом слое до промывки, м³/га; nA — добавочное количество воды, необходимое для вытеснения растворенных солей из слоя H ; n — коэффициент, зависящий от степени засоления почв, изменяется от 0,5 до 1,5. Его определяют опытным путем.

С. В. Астаповым, А. Н. Костяковым, В. А. Ковдой, В. М. Легостаевым, И. С. Рабочевым и другими авторами выведены формулы для определения промывной нормы. Ниже приведена формула А. Н. Костякова.

$$M_{\text{пром}} = 100H\alpha \left\{ (\beta_0 - \beta) + \frac{S_1 - S_2}{K} \right\},$$

где H — глубина слоя промываемого почвогрунта, м; α — масса единицы объема почвы; β_0 — наименьшая влагоемкость, % по массе; β — влажность почвы перед промывкой, % по массе; S_1 — содержание солей до промывки, % по массе; S_2 — допустимое содержание солей после промывки, % по массе; K — коэффициент вытеснения или вымыва солей по массе на 1 м³ воды, зависит от физических свойств почвы, глубины залегания грунтовых вод, количества и характера солей.

Существует еще ряд формул для определения общей промывной нормы, но они не учитывают количество солей, удаляемое при промывке. Промывными поливами хорошо рассоляются солончаковые почвы, характеризующиеся высоким содержанием в почвенном растворе водорастворимых солей при малом содержании натрия в составе почвенного поглощающего комплекса почвы. Растворимые соли солончаковых почв представлены хлоридами и карбонатами.

Солонцовые почвы, в которых натрий находится в основном в поглощенном состоянии коллоидной частью почвы, нуждаются в химических мелиорациях, имеющих целью вытеснить натрий и заменить его кальцием. Это достигается внесением в почву гипса. Гипсование солонцов проводят в том случае, когда в почве содержится натрия более 10% общей емкости поглощения. При гипсовании почвы образуется сернокислый натрий, который хорошо растворим в воде и удаляется последующей промывкой почвы или орошением. Очень важно, чтобы реакция вытеснения натрия кальцием проходила в условиях хорошего увлажнения почвы при низходящих токах почвенной воды.

Дозы внесения гипса определяют по содержанию поглощенного натрия, и практически они изменяются от 3 до 14...20 т/га. При больших нормах внесения гипса — 15...20 т/га его вносят долями в течение 2...3 лет. Промывные поливы после гипсования почв проводят так же, как и промывки солончаковых почв. Аналогично рассчитывают и промывные нормы.

После химизации и промывки солонцов в целях улучшения физических свойств почвы и ее окультуривания проводят глубокую вспашку, вносят органические удобрения, высевают культуры с мощной корневой системой. Особое значение при этом имеют мероприятия по восстановлению комковатой структуры почвы (посев люцерны и других многолетних трав).

§ 73. Значение правильной эксплуатации оросительных систем

Правильное освоение орошаемых земель и хорошо налаженная служба эксплуатации оросительных систем являются необходимым условием получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

По А. Н. Костякову, к показателям хорошей эксплуатации оросительных систем относятся: высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур и высокая производительность труда; высокий коэффициент полезного действия (КПД) системы; повышение плодородия орошаемых земель; низкий уровень грунтовых вод и отсутствие засоления почв; нормальное расходование воды на единицу площади; хорошее состояние каналов и сооружений.

Каждая оросительная система состоит из комплекса каналов, трубопроводов, гидротехнических сооружений на оросительной сети и вспомогательных устройств, обеспечивающих плановое распределение воды по системе и подачу ее на поля хозяйств-водопользователей.

Оросительная система включает головной водозабор, магистральные, распределительные и оросительные каналы, средства полива, сбросную и коллекторную сеть. Оросительные системы могут быть межхозяйственными, обеспечивающими орошение полей нескольких хозяйств, и внутрихозяйственными, обеспечивающими орошение полей только одного хозяйства. Ответственность за работу и исправность, сохранность и правильное использование магистральных и межхозяйственных каналов, трубопроводов и сооружений на них несут системные управления оросительных систем (УОС). Содержание же в исправном состоянии и эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети осуществляет хозяйство-водопользователь. В состав внутрихозяйственной части оросительной системы входят следующие ее элементы:

- точки выдела воды (водовыпуски);
- хозяйственные распределительные оросительные каналы, лотки или трубопроводы;
- внутрихозяйственные аккумулирующие бассейны или водоемы;
- временные оросители, выводные борозды, дождевальные машины и установки;
- распределительные сооружения на внутрихозяйственных каналах (водовыпуски, перегораживающие сооружения);
- сопрягающие сооружения (перепады, быстротоки и др.);
- дороги, проезды, посадки деревьев вдоль каналов;
- сбросные каналы, коллекторы и дрены;
- водомерные сооружения, водосливы и др.;
- телефонная линия к точкам выдела воды и сооружениям.

Оросительные каналы, трубопроводы и сооружения на оросительной сети нуждаются в постоянном наблюдении, охране и поддержании их в нормальном рабочем состоянии для обеспечения правильной эксплуатации. Только при соблюдении правил содержания и эксплуатации оросительной системы возможно получение высоких и устойчивых урожаев при экономном расходовании поливной воды и высокой эффективности капитальных и эксплуатационных затрат на орошение.

§ 74. Водопользование на оросительных системах

Высокая эффективность орошения и правильное использование орошаемых земель достигаются только на основе планового водопользования, то есть поливы проводят в оптимальные агротехнические сроки правильно рассчитанными нормами в пределах всей территории данной оросительной системы.

Под водопользованием понимают организацию и выполнение всех видов работ по управлению водой на оросительной системе: забор воды из источника орошения, транспортирование и распределение между хозяйствами-водопользователями.

Водопользование — основная и довольно 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 концевой точкой Северо-Крымского магистрального оросительного канала (Крымская область) и головным водозабором на Каховском водохранилище составляет 402 км. Этот канал подает воду на орошаемые земли площадью 320 тыс. га и обводненные земли площадью 1,2 млн. га.

При сильной разбросанности хозяйств-водопользователей забор воды на большинстве крупных межхозяйственных и внутрихозяйственных оросительных систем осуществляется 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 $227 \text{ м}^3/\text{с}$, Донского магистрального канала в Ростовской области — $250 \text{ м}^3/\text{с}$, Большого Ферганского канала в Узбекской ССР — $175 \text{ м}^3/\text{с}$. Вниз по течению от магистрального оросительного канала отходит все большее число мелких каналов с меньшими расходами воды.

Для управления водой на оросительных системах с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и повышения плодородия орошаемых земель в нашей стране применяют плановое водопользование. Оно заключается в определении количества забираемой воды из источника орошения и в последующем распределении ее между хозяйствами-водопользователями по заранее составленному плану. В плане водо-

пользования объем воды в голове магистрального оросительного канала определяют по данным учета потребности в воде каждого хозяйства-водопользователя (колхоза или совхоза), обслуживаемого данной оросительной системой. В результате планирования водопользования составляют план водопользования, который затем принимают за основу деятельности всей оросительной системы, а также 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 являются единым органически связанным технологическим процессом.

Методика составления системных и районных планов водопользования в нашей стране впервые разработана в 1928...1929 гг. Н. А. Янишевским. Им даны основные положения составления и проведения планов водопользования, систематизированы сроки и нормы полива, предложены способы учета потерь воды из оросительных каналов, методы уменьшения этих потерь и основы расчета вододеления. С этого времени плановое водопользование стало необходимой основой эксплуатационных мероприятий на оросительных системах. В плановое водопользование включают внутрихозяйственные и системные планы водопользования.

§ 75. Внутрихозяйственные и системные планы водопользования

Составной частью производственных планов хозяйств, отделений, производственных участков и бригад являются внутрихозяйственные планы водопользования. Их составляют агрономы и гидротехники хозяйств при помощи службы эксплуатации оросительных систем. Внутрихозяйственные планы водопользования предусматривают своевременную подачу воды на орошение, правильную организацию труда на орошаемых полях, мероприятия по экономии в расходовании поливной воды.

Для составления внутрихозяйственного плана водопользования 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.

Составление 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, производственном участке, определяют 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. Поливы следует проводить 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 определяют по фактическим замерам расходов.

На практике часто бывает, что сроки поливов нескольких культур совпадают, тогда потребные расходы будут равны сумме расходов воды для всех культур. В этом случае проводят увязку полива культур 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 дня передвигают, на политых площадях пропашных культур спустя 1...2 сут проводят машинные междурядные обработки. 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 1...2 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 хозяйствах.

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 лимиты подачи воды в точки выдела по периодам вегетации в характерные по водообеспеченности годы (М. Ф. Натальчук). Поэтому планирование водопользования на системах проводят в пределах установленных лимитов, которые зависят от условий водоносности источника орошения, пропускной способности каналов, сооружений и мелиоративного состояния земель. Планы водопользования составляют на календарный год.

Водопользование на оросительных системах ведется 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), а также 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.

§ 76. Учет воды на орошаемых землях

Одним из важнейших эксплуатационных мероприятий на оросительных системах является учет воды при ее распределении по каналам и полям во время поливов. Систематический учет воды на орошаемых землях 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 ведутся гидрометрической службой, состоящей 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. Наблюдения по измерению расходов воды заносят в гидрометрические журналы по установленной форме. К основным документам гидрометрической службы относятся: полевой журнал, в который вносят данные 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 посты оперативного учета на узлах распределения воды, в голове 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 посты 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 подвер-

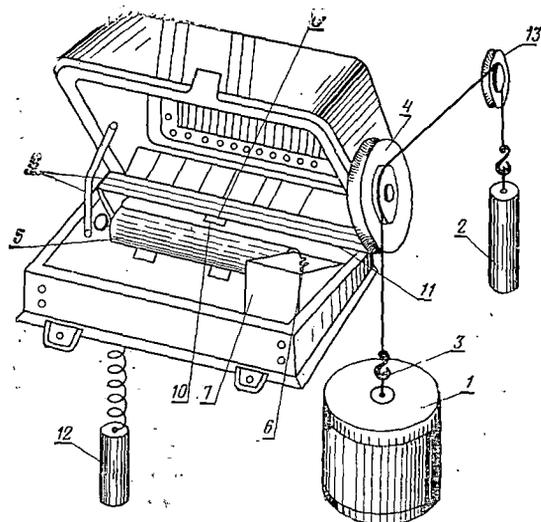


Рис. 48. Самописец уровней «Валдай»:

- 1 — поплавок; 2 — груз-противовес; 3 — зажим; 4 — поплавковое колесо; 5 — барабан; 6 — барабанчик; 7 — влагонепроницаемый кожух; 8 — каретка; 9 — направляющие стержни; 10 — пишущее перо; 11 — струна; 12 — гиря; 13 — отводной ролик.

гаться 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, устанавливая зависимость расхода от глубины воды и в дальнейшем измеряют только глубину. Пользуясь кривой зависимости расхода от глубины, определяют расход в русле канала.

Тарирование русла канала проводят следующим образом. По нескольким вертикалям гидрометрической вертушкой измеряют скорости течения воды. При ширине канала до 5 м берут 3...4 вертикали, при ширине от 6 до 20 м — 5...6, при ширине более 20 м — 7...8 вертикалей.

На каждой вертикали в зависимости от глубины воды измеряют скорости в 1...3 точках. При трех точках измерение скорости проводят на 0,2, 0,6 и 0,8 глубины канала от поверхности, при двух точках — на 0,2 и 0,8 глубины, а при замере в одной точке — на 0,6 глубины.

Среднюю скорость течения воды на вертикали определяют по 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 проводят непрерывную запись уровня воды в створе. По кривой записей этих приборов определяют 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, поплавок и пера с передаточным устройством. При изменении уровня воды в канале происходит перемещение по вертикали поплавок, который передает это перемещение перу самописца. Перо вычерчивает кривую изменения уровня воды на ленте барабана в определенном масштабе. По горизонтали шкалы отмечается время, а по вертикали — уровни воды. На рисунке 48 показан самописец «Валдай». Самописец регистрирует изменение уровня до 6 м в масштабе 1 : 1, 1 : 2, 1 : 10, скорость движения ленты 12 и 24 мм/ч.

§ 77. Водомерные сооружения

Водомерные сооружения, установленные на оросительной сети, позволяют наиболее точно и просто проводить учет воды и ее распределение по каналам. Они делятся на регулирующие (водо-

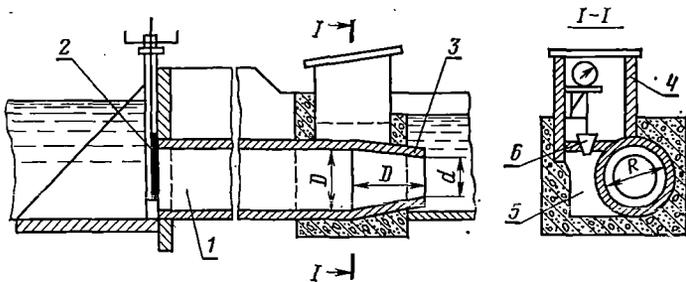


Рис. 49. Трубчатый водомер-регулятор с насадкой конструкции М. В. Бутырина:

1 — труба водовыпуска; 2 — шитовое устройство; 3 — водомерный насадок; 4 — верхняя камера колодца; 5 — патрубок с поршнем.

меры-регуляторы) и нерегулирующие. 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 хозяйства и на постоянных внутрихозяйственных каналах, лотках и трубопроводах. На рисунке 49 приведен общий вид трубчатого водомера-регулятора со сходящимся насадком (конструкции М. В. Бутырина). Водомер измеряет расход воды до $1,1 \text{ м}^3/\text{с}$, а двухчочковый — до $2,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Водомер-регулятор состоит из входного оголовка с ныряющими стенками и шитовым 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 большую высоты A . Высота выходного сечения насадка равна $\frac{2}{3} A$, ширина — $\frac{4}{3} A$, или $\frac{2}{3} B$, а 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, который определяют по формуле

$$Q = k\omega \sqrt{Z},$$

где Q — расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; k — общий коэффициент водомера; ω — площадь выходного отверстия насадка, м^2 ; Z — разность уровней воды в трубе перед насадком и в нижнем бьефе.

Для круглого сечения $Q = 3,9 d^2 \sqrt{Z}$.

В таблице 30 приведены расходы воды для трубчатого водомера-регулятора при разных насадках круглого сечения стандартных диаметров железобетонных труб.

При учете воды трубчатым водомером-регулятором обычно пользуются графиком зависимости расхода Q от Z , составленным по данным таблицы 28.

Таблица 28. Размеры и пропускная способность водомерных насадок трубчатых водомеров-регуляторов

Размер насадков, см			Расход (л/с) при Z (см)								
D	d	l	6	8	10	12	14	16	20	25	30
30	22,2	30	41,5	48,0	53,2	58,7	63,5	67,8	75,7	84,7	92,8
40	29,6	40	83,8	96,7	108,0	118,4	128,0	137,0	153,0	171,0	187,3
50	37,0	50	131,0	151,5	169,0	185,0	200,0	214,0	239,0	267,0	299,0
60	44,4	60	188,0	217,0	243,0	266,0	287,0	307,0	343,0	384,0	420,0
70	51,8	70	257,0	297,0	332,0	364,0	393,0	420,0	470,0	525,0	575,0
80	59,2	80	336,0	388,0	433,0	475,0	512,0	548,0	612,0	685,0	750,0
90	66,6	90	426,0	492,0	550,0	602,0	650,0	695,0	778,0	870,0	953,0
100	74,0	100	525,0	606,0	676,0	742,0	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

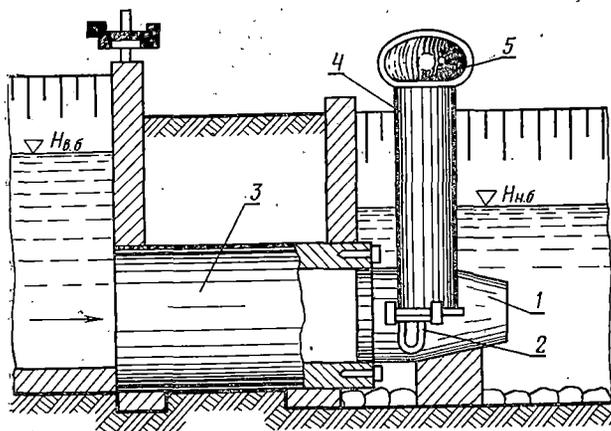


Рис. 50. Водомер ВДГ-58 на трубчатом водовыпуске

1 — насадок; 2 — патрубок; 3 — водовыпуск; 4 — пьезометрические трубки; 5 — головка водомера.

ДРС-60 или роторного счетчика стока СВН и диафрагмового водомера системы К. С. Глубшева.

Водомер-автомат ВДГ-58 имеет счетный механизм, который показывает непрерывно секундные расходы (в м³) и суммарный объем воды (в тыс. м³) (рис. 50). Диаметр входного отверстия насадка водомера от 7 до 222 мм; расход воды в зависимости от диаметра трубы и напора от 30 до 1100 л/с. Расход воды определяют по формуле

$$Q = 3,9d^2 \sqrt{Z},$$

где Q — расход воды, м³/с; 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.

Роторный счетчик стока СВН показывает расходы и суммарный объем воды, поданный в канал или в хозяйство-водопользователь за любой промежуток времени (рис. 51). Прибор устанавливают так же, как и динамический расходоуказатель ДРС-60,

на водомере-регуляторе в специальном колодце. Он состоит из следующих частей: рабочего патрубка, заделанного в отверстие, которое соединяет колодец с меньшим давлением водомера-регулятора; турбины с прямоугольной винтовой нарезкой; штока с телескопической вставкой для изменения его длины; механизма (счетчика) для определения частоты вращения турбины и пропорционального ему стока воды. Турбинка вращается от тока воды, проходящей через патрубок. Чем больше расход водомерного сооружения, тем больше разность давлений в его бьефах, тем быстрее вращается турбинка. Посредством штока и телескопической вставки турбинка соединяется со счетчиком.

Последний суммирует частоту вращения турбинки и расход воды. Механизм расходоуказателя сконструирован по типу автомобильного спидометра со шкалой расходов и объемов воды (стока).

Расходоуказатели и роторные счетчики в настоящее время широко внедряются на оросительных системах нашей страны.

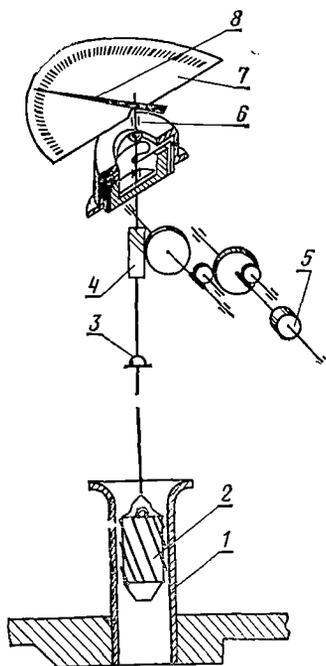


Рис. 51. Схема роторного счетчика (СВН):

1 — рабочий патрубок; 2 — турбинка; 3 — шарнир Гука; 4 — червяк; 5 — светлые диски; 6 — ось; 7 — циферблат; 8 — стрелка.

§ 78. Учет воды, поступающей во временную оросительную сеть

Временная оросительная сеть является связующим звеном между постоянными водоподводящими каналами и орошаемым полем. Поэтому крайне важно точно проводить 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. Широкое распространение для этих целей получил сифонный переносной водомер, который одновременно служит и водовыпуском. Сифонные водомеры изготовляют из металла или пластмассы.

Расход воды через сифон определяют по формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gZ},$$

где Q — расход воды, м³/с; μ — коэффициент расхода, равный для металлических сифонов 0,80, для пластмассовых — 0,85; ω — площадь сечения трубы, м²; Z — разность уровней воды перед входом воды в сифон и при выходе из него, м.

Для забора воды из участкового оросительного канала во временный ороситель применяют сифоны диаметром 200...250 мм, с расходом от 30 до 130 л/с, при изменении разности напора Z от 5 до 50 см. Пластмассовые сифоны бывают тонкостенными без швов, масса одного сифона диаметром 250 мм составляет 13...16 кг. Сифоны заряжаются путем непосредственного заполнения их водой или с помощью вакуумного насоса. Южгипроводхозом сконструирован сифон подачи 600 л/с, смонтированный на тракторе «Беларусь». Зарядка сифона и перемещение на оросительной сети осуществляются с помощью этого же трактора.

Сифонные водомеры удобно применять при наличии лотковой оросительной сети, которая обладает повышенным командованием над поливной сетью.

Сифонные водомеры соответствующих размеров можно использовать и для учета воды, поступающей из временных оросителей или выводных борозд в поливные борозды или полосы напуска. Расходы воды по сифонам-водомерам малых размеров вычисляют по вышеприведенной формуле. Значения коэффициента расхода при этом берут для металлических сифонов 0,55, для

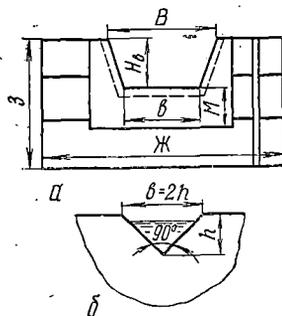


Рис. 52. Водосливы-водомеры:

a — трапециевидный; $б$ — треугольный.

пластмассовых — 0,65. Если на входной части сифона имеется рас-
труб, то коэффициенты расхода увеличивают соответственно до
0,69 и 0,75.

Для учета воды на временных оросителях и выводных бороз-
дах широко применяют трапецидальный водослив-водомер, пред-
ставляющий собой деревянный щит с вырезом в форме трапеции
(рис. 52).

Внешние размеры его определяются размерами канала с та-
ким расчетом, чтобы щит врезался в откосы и дно канала не ме-
нее чем на 0,2...0,3 м. Порог водослива и откосы выреза обива-
ют железом толщиной 1...2 мм так, чтобы перелив воды происхо-
дил через тонкую стенку металлической обшивки.

Наиболее точные показания водослив дает при напоре на по-
роге водослива (слой воды, переливающейся через порог) не бо-
лее $\frac{1}{3}$ ширины порога. Ширина порога водослива зависит от про-
пускаемого расхода воды. Основные стандартные размеры трапе-
цидального водослива-водомера при различной ширине порога
приведены в таблице 29.

Таблица 29. Стандартные размеры трапецидального водослива-водомера, см

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

Порог водослива должен находиться строго в горизонтальном
положении, поэтому водослив устанавливают по уровню. Чтобы
водослив не имел подтопления с нижней стороны канала, порог
его должен быть выше уровня воды в канале на 3...5 см. Откосы
боковых граней выреза равны 1: $\frac{1}{4}$. Вода к водомеру должна
подходить с небольшой скоростью (не более 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 нижней стороны водослива укрепляют дер-
ном, камнем или хворостом (рис. 52, а).

Расход воды, проходящий через водослив, вычисляют по глу-
бине слоя (напора) воды, переливающейся через порог водослива.
Для определения этого напора в канале перед водосливом уста-
навливают рейку с делениями. Нуль рейки должен находиться на
уровне порога водослива. Рейку устанавливают с помощью ни-
велира или по уровню воды в канале. Канал перед водосливом
наполняют водой до порога водослива, на этом уровне и установ-
ливают нуль рейки. По уровню воды проверяют также положение
ранее установленных рек.

Рейку-удобно прибивать непосредственно к щиту верхней стороны, но только при этом надо стремиться, чтобы рейка как можно дальше была удалена от выреза водослива.

Расход воды через трапецидальный водослив-водомер определяют по формуле

$$Q = 1,86bH\sqrt{H},$$

где b — ширина порога водослива, м; H — напор воды на пороге водослива, м.

Для учета воды на мелкой оросительной сети, а также для учета стока воды на малых водосборах применяют треугольный водослив.

По устройству треугольный водослив так же, как и трапецидальный, представляет деревянный щит, но с треугольным вырезом (рис. 52, б). Угол выреза равен 90° . Края треугольного выреза обивают железом толщиной 1...2 мм. Внешние размеры также, как и в трапецидальном водосливе, увязывают с размерами канала.

Расход воды, проходящий через водослив, определяют по напору переливающейся воды. Напор определяют по рейке, установленной в канале перед водосливом или на щите водослива. Нуль рейки должен находиться на уровне вершины треугольного выреза.

Расход вычисляют по формуле:

$$Q = 1,4H^{2,5},$$

где H — напор воды на водосливе, м.

Расходы воды, подсчитанные по приведенной формуле, для различных значений напора на треугольном водосливе-водомере приведены ниже.

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

Кроме водосливов-водомеров, для учета воды во временной оросительной сети применяют и водомерный насадок (рис. 53), 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, а $l = D$. При работе водомера-насадка выходное сечение должно быть под водой, а пропускная способность на-

Т а б л и ц а 30. Расходы воды переносных водомеров-насадков, л/с

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

садка должна быть равна расходу канала. Замер воды выполняют с помощью двух реек, расположенных по обе стороны щита.

Расход воды определяют по формуле

$$Q = \omega C \sqrt{Z},$$

где ω — площадь выходного сечения насадка, м²; C — коэффициент расхода, определяемый тарировкой. Для больших насадков $C=4,1$; Z — разность уровней воды перед насадком и за ним.

Чаще всего расходы воды, проходящие через водомеры-насадки, определяют по заранее составленной таблице в зависимости от диаметра выходного отверстия и разности уровней воды в верхнем и нижнем бьефах (табл. 30).

Для выбранного диаметра водомера-насадка строят также график зависимости расходов от разности уровней воды; по графику определяют расход воды для любых разностей напоров.

Водомерные насадки по сравнению с водомерными сооружениями и водосливами дают меньшую точность определения расходов воды. Ошибки при измерении расходов насадками достигают $\pm 3\%$.

Расходы воды в канале находят и по поверхностной скорости

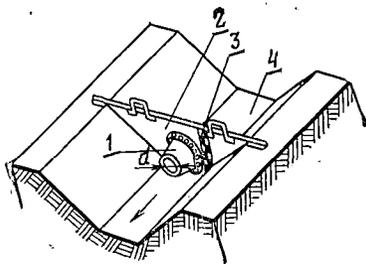


Рис. 53. Водомерный насадок: 1 — насадок круглого сечения; 2 — щит; 3 — водомерные рейки; 4 — ороситель.

движения воды. Для этого измеряют скорость течения воды и живое сечение канала. Для измерения скорости поплавками выбирают прямолинейный участок канала длиной 20...30 м с равномерным течением воды, не имеющей подпора со стороны сооружений. 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 измеряют площадь живого сечения по-

тока 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 определяют 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: $v_{ср} = K v_{пов}$. Значение поправочного коэффициента изменяется от 0,85 до 0,90. Умножением средней скорости $v_{ср}$ на живое сечение канала ω определяют расход воды в канале: $Q = v_{ср} \omega$.

§ 79. Водомеры на дождевальных машинах

Дождевальные машины не всегда дают проектные расходы, часто фактические расходы несколько отличаются от проектных. При отсутствии специальных водомеров на дождевальных машинах их расход определяют по среднему слою вылитой на поле воды, но такой способ учета воды довольно трудоемок и недостаточно точен. Имеются специальные водомеры для дождевальных машин, например ДА-95. В основу его конструкции положена прямо пропорциональная зависимость расхода от скорости движения воды во всасывающем трубопроводе дождевальной машины. Водомер состоит из крыльчатки, установленной на одном конце вала, и счетного механизма, расположенного на другом его конце. Счетный механизм показывает скорость вращения крыльчатки и одновременно учитывает с нарастающим итогом число ее оборотов. Счетный механизм водомера представляет собой автомобильный спидометр, у которого вместо шкалы скорости установлена шкала расходов воды с градуировкой л/с и м³/ч. Счетчик пройденного пути служит счетчиком поданного суммарного объема воды (М. Н. Багров, И. П. Кружилин). Для предохранения от постороннего влияния и возможности повреждений счетный механизм водомера ДА-95 размещают под металлическим колпаком. В торце механизма имеется смотровое окно для взятия отсчетов по счетчику прибора. Водомер устанавливают на всасывающей трубе насоса, где меньше динамические нагрузки, вследствие чего надежность и продолжительность работы его повышаются.

При определении объема воды, поданного насосом дождевальной машины за какое-то время, берут показания счетного барабана в конце работы и из них отнимают 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 %. При измерении суммарного объема воды за время работы машины погрешность составляет не более 5 % при расходах 100...120 л/с. При уменьшении расхода воды до 70 л/с

погрешность в замерах суммарного объема воды увеличивается до 9 %, а при 50 л/с — до 15 %. Поэтому водомер ДА-95 целесообразно применять на машинах с расходом 90...140 л/с.

Эксплуатация оросительных систем, кроме планового водопользования, включает также работы по мелиоративному обслуживанию орошаемой территории и содержанию оросительных каналов, трубопроводов, лотков, гидротехнических сооружений в исправном состоянии. При этом хозяйственная оросительная сеть и сооружения на ней эксплуатируются хозяйствами-водопользователями. Для этого организуют внутрихозяйственную эксплуатационную службу. Головной водозабор, межхозяйственная оросительная сеть и гидротехнические сооружения эксплуатируются управлениями оросительных систем.

III. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

Глава 15. БОЛОТА, ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫЕ ЗЕМЛИ И ПРИЧИНЫ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ

§ 80. Характеристика болот

Осушение земель проводится во всех зонах нашей страны, но наиболее интенсивно оно ведется в зоне избыточного увлажнения — северных, северо-западных и центральных районах Нечерноземной зоны РСФСР, Прибалтийских республиках, Белорусской ССР и Полесье Украинской ССР.

Общая площадь заболоченных и избыточно увлажненных земель, нуждающихся в осушении, в нашей стране составляет примерно 235 млн. га, а без болот тундры — 135 млн. га (Скрипчинская, Янголь, 1977).

Наиболее крупным объектом осушения в РСФСР в настоящее время является Мещерская низменность, расположенная в междуречье Оки и Клязьмы (рис. 54). Здесь насчитываются сотни тысяч гектаров болотных и избыточно увлажненных земель. Эти земли, расположенные вблизи Москвы и других крупных промышленных центров, после осушения могут стать прочной кормовой базой для животноводства.

Вторым наиболее крупным объектом осушения в Нечерноземной зоне является Ловатская низменность в Псковской области. В пределах низменности площадь болот и избыточно увлажненных земель составляет 168 тыс. га.

В Западной Сибири основным объектом осушения является Барабинская низменность, расположенная между Обью и Иртышом. Примерно 4 млн. га низменности заболочены или избыточно увлажнены.

Довольно крупным объектом осушения является и Дальний Восток. По данным Л. Б. Левановского, общая площадь переувлажненных земель составляет 28,1 % всей площади; преобладающее число болот низинного типа. Переувлажненность земель здесь обусловлена своеобразием природных условий. На глинистых почвах с малой водопроницаемостью большое количество осадков, выпадающих во второй половине лета и в начале осени, создает условия для переувлажнения почвы.

При слабой врезанности речной сети наблюдаются сильные разливы рек. Интенсивные потоки с гористой местности, окаймляющей равнины, часто вызывают бурные наводнения. Осушительные

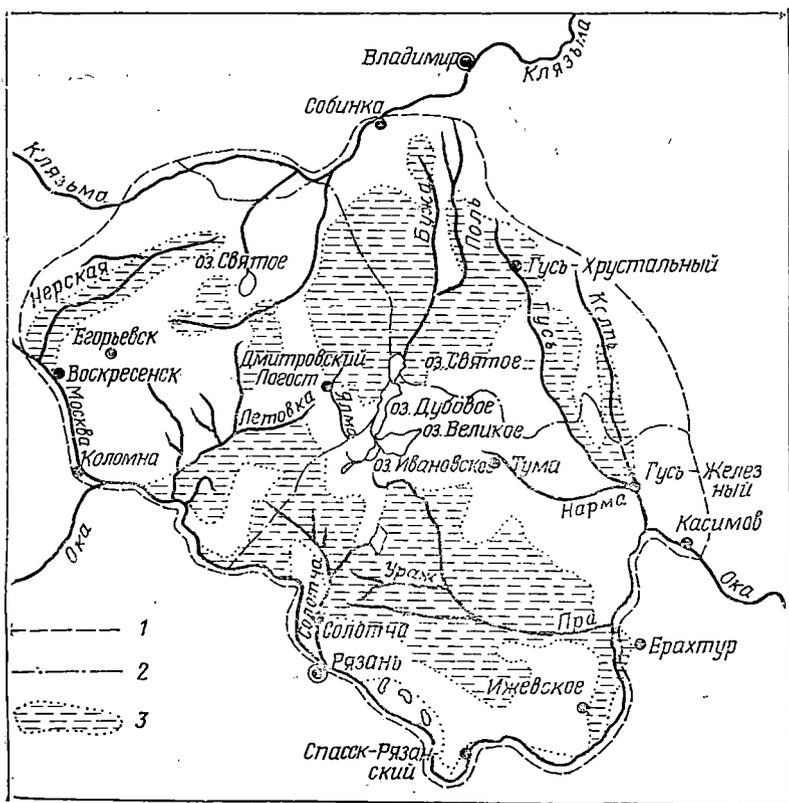


Рис. 54. Мещерская низменность:
1 — граница Мещеры; 2 — границы областей; 3 — болота.

работы в этой зоне в настоящее время развиваются довольно интенсивно.

Одним из крупнейших массивов заболоченных земель является Полесье, находящееся в северо-западной части Украинской ССР, на юго-западе Белорусской ССР, в бассейне р. Припяти и ее притоков (рис. 55). Широкие и пологие поймы большинства рек этого бассейна сильно заболочены. Весенние паводки затопляют огромные территории; затопление держится иногда до середины лета или начала осени.

Значительные площади осушенных пойм в настоящее время освоены колхозами и совхозами. Площадь осушенных земель в Белоруссии составляет почти 2 млн. га. На осушенных землях созданы крупные высокорентабельные совхозы. Многие колхозы и совхозы Полесья на осушенных землях получают высокие урожаи зерновых, кормовых культур (корнеплодов) и многолетних трав.

В Прибалтийских республиках имеется значительная площадь

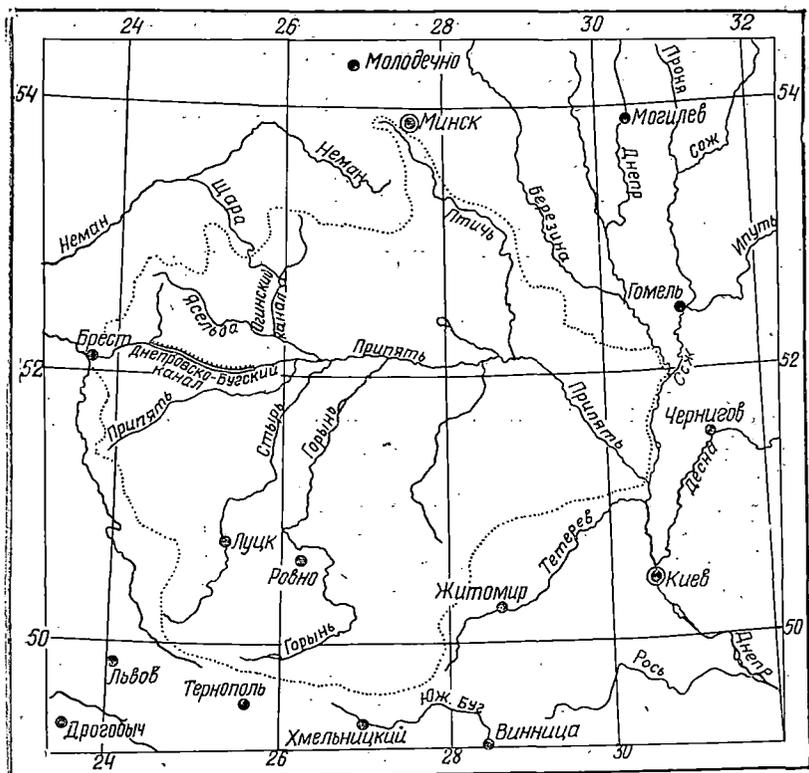


Рис. 55. Белорусское Полесье.

постоянно или периодически избыточно увлажненных земель. В одной Литовской ССР таких земель насчитывается 3053 тыс. га, из них осушено более 100 тыс. га. В Латвийской ССР площадь осушенных земель составляет 80 тыс. га.

При осушении и сельскохозяйственном использовании осушенных площадей различают такие понятия, как болота, заболоченные и избыточно увлажненные земли.

Под болотом следует понимать участок земли, находящийся постоянно или периодически в состоянии избыточного увлажнения и покрытый специфической влаголюбивой растительностью, на котором начался процесс торфообразования. Мощность торфа достигает 15...20 см.

Торф образуется в результате отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности и затрудненного доступа воздуха.

Под заболоченными землями понимают земельные угодья, которые в той или иной степени оторфованы и на которых начался процесс торфообразования.

Избыточно увлажненными называют земли, не имеющие на поверхности торфяного слоя, но на которых наблюдается избыток грунтовых, дождевых или талых вод в течение продолжительного периода вегетации сельскохозяйственных культур (А. Д. Брудастов).

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 водами поверхностного стока. Растительный покров таких болот представлен растительными сообществами, осоками, тростниками, болотным разнотравьем и зелеными гипновыми мхами. На болотах произрастают ольха черная, береза, ива, малина, смородина. Мощность торфяников на низинных болотах достигает 1,5...3 м, иногда до 7...10 м. Торф низинных болот бывает тростниково-осоковый, осоково-вейниковый, осоково-луговой с примесями мха и древесной растительности.

Зольность торфа низинных болот довольно высокая — до 15...30 % массы сухого вещества. Торф низинных болот бывает слабокислой, нейтральной, а иногда и слабощелочной реакции (рН от 6 до 8).

Торфяники низинных болот, богатые зольными элементами, после их осушения становятся весьма ценными сельскохозяйственными угодьями. Торф таких болот можно вносить и в качестве органического удобрения на орошаемые участки. Низинные болота содержат до 3,5 % азота, 0,50...1,7 % фосфора, 0,1...0,2 % калия, редко до 0,5 %.

Верховые болота образуются на водоразделах, питаются осадками и талыми водами. Растительность верховых болот обычно представлена сфагнумовыми мхами, клюквой, вереском, багульником, голубикой, березой низкой, березой пушистой, сосной болотной, осокой нитевидной, пушицей. Торф верховых болот имеет низкую зольность — не более 3...5 % массы сухого вещества, отличается кислой реакцией (рН 3,5...5). Поэтому при включении верховых болот после осушения в сельскохозяйственный оборот требуется внесение органических и минеральных удобрений. Для снижения кислотности болотных почв их 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.

§ 81. 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

ухудшается водный, воздушный и тепловой режимы почвы, а это приводит к недостатку кислорода для питания растений и разложения 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 (Брудастов, 1965) относят: подзолообразовательный процесс; дерновый период почвообразования; зарастание водоемов; выход грунтовых вод на дневную поверхность; разлив рек или приток воды с вышележащих водосборов.

§ 82. Подзолообразовательный процесс

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 переувлажненностью, где в вегетационный период нисходящие токи воды преобладают над восходящими — испарением. В этих условиях 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 в условиях недостатка воздуха останавливается в стадии сырого гумуса, при этом образуется активная креновая кислота. Вместе с водой, просачиваясь вниз через верхние слои почвы, креновая кислота растворяет почти все ее зольные элементы, восстанавливает и растворяет оксиды железа, кальция, алюминия и марганца. В результате растворения и выщелачивания из верхних горизонтов почвы удаляются оксиды железа, марганца и глинистые частицы, обуславливающие связность почвогрунта. Верхний слой почвы утрачивает агрегатное состояние и превращается в подзол. Во влажном состоянии в подзоле вследствие его бесструктурности воздух совсем отсутствует. Подзол при намокании приобретает пластичность, а при высыхании легко рассыпается в порошок, так как не обладает связностью.

На таких почвах воздух и вода находятся в антагонистических отношениях. 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 рухляковой породе, подстилающей

подзолистый слой, преобладали соли углекислой извести, то отлагаются апокренаты кальция, если оксиды железа или марганца и алюминия, то отлагаются апокренаты полуторных оксидов. Когда же в породе преобладают оксиды железа, то скопляются апокренаты железа, и тогда горизонт, подстилающий подзолистый слой, называется рудяковым или ортштейновым.

Рудяковый горизонт непроницаем для воды и корней растений, при анаэробных условиях он тверд как камень, при доступе кислорода разрушается. Вследствие водонепроницаемости ортштейновый горизонт служит водупором и, таким образом, 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 наличия 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 прекратится, на поверхности поселяется мох сфагнум. Эти явления обуславливают начало болотообразования. Нарастание слоя торфа идет интенсивно, разложение же его не происходит.

§ 83. Заблачивание 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.

Вначале период развития травянистых растений бывает коротким, но каждое последующее накопление травянистой флоры под пологом леса удлиняется. 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.

В первой стадии борьбы луговой растительности за господство, когда в почве еще достаточно кислорода, участвуют корневищные злаки. Далее вследствие накопления органического вещества и уплотнения подстилки в почве все больше развивается анаэробный процесс, при котором на смену корневищным злакам приходят рыхлокустовые. Корневая система их проникает глубоко в рудяковый горизонт, использует 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 кущения выше поверхности почвы и переносят горизонт максимального накопления мертвого органического вещества выше поверхности почвы. 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 кущения, поверхность луга принимает кочковатую форму. Наличие кочек и большого количества органического вещества (торфа) на поверхности почвы затрудняет сток воды и просачивание ее 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. Следовательно, очевидна связь дернового процесса с рельефом местности.

На водоразделе вследствие бедного минерального питания, 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.

§ 84. Зарастание водоемов

В пониженных элементах рельефа и главным образом в поймах малых, средних и больших рек страны в результате зарастания водоемов довольно часто образуются болота. Для таких болот характерна большая мощность торфа (до 4...7 м) в центре, к краям болота мощность торфа уменьшается.

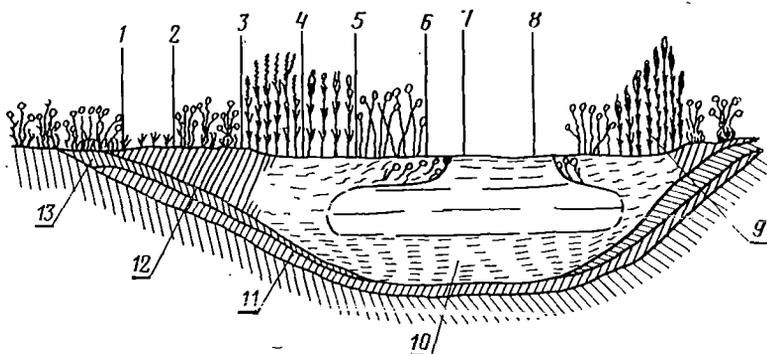


Рис. 56. Заращение водоема (по В. Р. Вильямсу).

Зоны: 1 — злаков; 2, 3 — мелких и крупных осонок; 4 — тростника; 5 — рогоза; 6 — камышей; 7 — рдестов и кувшинок; 8 — свободноплавающих водных растений. Торфа: 9 — камышово-тростниковый; 10 — аморфный черпачный; 11 — слизистый с раковинами; 12 — осоковый; 13 — землястый.

Заращению водоемов и озер со дна и с поверхности способствуют такие факторы: небольшая глубина, отсутствие проточности и сильных волнений поверхности воды, хорошее прогревание воды в летнее 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. 56). Одновременно идет заращение водоема и со дна при глубинах водоема, обеспечивающих жизнедеятельность растений. Вследствие отложения на дно водоема отмирающих растений, организмов, продуктов микрофлоры и микрофауны (планктона) водоем постепенно мелеет. Отмершие растения вместе с корнями образуют плавучий ковер, мощность и плотность его постепенно увеличиваются. Плавучий ковер медленно распространяется к середине водоема (рис. 57).

В местах небольших глубин ковер ложится на дно водоема, заполняя весь его объем органической массой растений. На поверхности такого растительного ковра появляются гипновые мхи,

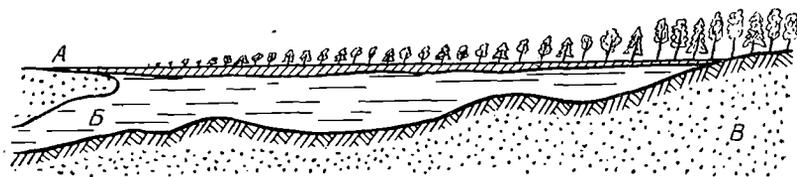


Рис. 57. Разрез зарастающего озера Колпино Калининской области (по А. Д. Брудастову):

А — плавучий ковер; Б — вода; В — минеральный берег озера.

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.

§ 85. Выход грунтовых вод на дневную поверхность

При выходе грунтовых вод на дневную поверхность могут образоваться болота. В зависимости от характера выхода грунтовых вод процесс образования болот идет по-разному. Чаще всего выклинивание грунтовых вод и образование болота наблюдаются 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 2...5 м. Характер болота зависит от химического состава воды. При обильном снабжении болота грунтовыми водами, а следовательно, и минеральными солями болото дольше сохраняет низинный тип. По мере роста болота в высоту в пределах стадии развития его поверхность может подняться выше капиллярного поднятия воды. В этом случае болото покрывается растительностью сфагновых болот и становится верховым.

Довольно широко распространены болота по всей территории страны, и особенно там, где грунтовые воды выходят на поверхность широкой полосой (рис. 58). Ширина выклинивания грунтовых вод в этом случае зависит от уклона поверхности склона.

При малых уклонах поверхности склона ширина выклинивания может достигать 500...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. 59).

На рисунке 60 приведено болото грунтово-напорного питания. Зона питания водоносного слоя находится значительно выше самого болота. Водоносный слой, подстилаемый водоупором, сверху прикрыт водонепроницаемыми отложениями (суглинистые грунты, суглинки с прослойками песка или торфа). Водоносный слой ха-

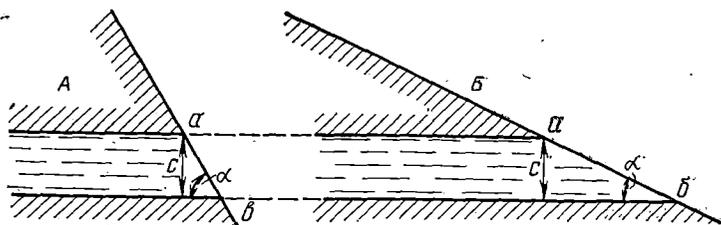


Рис. 58. Выход грунтовых вод на дневную поверхность (по А. Д. Брудастову):

А — выход ключей на крутом склоне; Б — выход грунтовых вод. широким слоем.

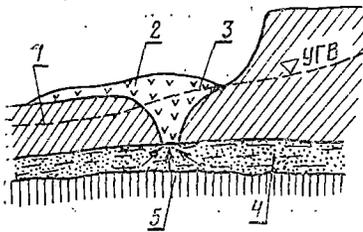


Рис. 59. Образование болота в результате выклинивания напорных грунтовых вод:

1 — глина; 2 — торф; 3 — пьезометрический уровень; 4 — водоносный слой; 5 — водоупор.

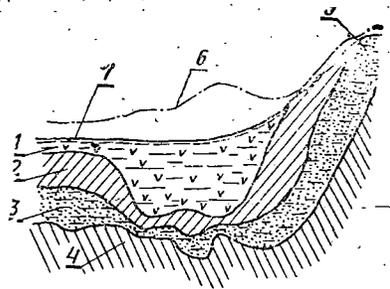


Рис. 60. Болото грунтово-напорного питания:

1 — торф; 2 — водоупорный слой; 3 — водоносный песок; 4 — водоупор; 5 — область питания грунтовых вод; 6 — линия пьезометрических напоров; 7 — грунтовые воды.

характеризуется пьезометрическим напором. 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 4...6 м).

§ 86. Разлив рек и приток воды с вышележащих водосборов

Пойменные земли почти ежегодно заливаются паводковыми водами. В результате в пойму приносится большое количество аллювиальных отложений, под воздействием которых формируется рельеф поймы. В рельефе поймы можно выделить прирусловую, центральную и притеррасную части. Прирусловая часть, несколько возвышающаяся над остальной поймой, отличается аллювиальными легководопроницаемыми отложениями с глубоким залеганием грунтовых вод и беспокойным рельефом. Центральная пойма преимущественно равнинная, сложена структурными (зернистая пойма) или бесструктурными суглинистыми или глинистыми (слоистая пойма) почвами. В этой части поймы грунтовые воды, как правило, залегают неглубоко. Притеррасная часть поймы более пониженная, чем центральная, сложена грунтами тяжелого механического состава, очень часто переувлажнена в результате выклинивания грунтовых вод со стороны коренного берега.

Образование болот в поймах рек происходит по следующим причинам:

при затоплении паводковыми водами, которые своевременно не сбрасываются после паводка, при малых продольных уклонах речной долины, наличии понижений «блюдец», староречий, при зара-

станции 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 (перепады), вызывающие нарушения режима реки на довольно больших участках и способствующие заболачиванию поймы. Подпор грунтовых вод в ряде мест может создаваться наличием на реке гидротехнических сооружений, шлюзов, водоподъемных плотин и др.;

при поступлении талых и ливневых вод с прилегающих склонов реки, ручьев и оврагов, впадающих в русло реки.

В результате постоянного или периодического переувлажнения в пойме реки преобладают анаэробные процессы, сопровождающиеся накоплением органических веществ и образованием мощных залежей торфа с высокой (до 27...30 %) зольностью, поэтому после осушения на таких торфяниках можно размещать луга, пастбища, возделывать овощные культуры и кормовые корнеплоды.

§ 87. Типы водного питания болот

При выборе способов осушения болотных и заболоченных почв очень важно правильно установить тип водного питания данного болота. При правильном установлении причин заболачивания и типа водного питания болота период осушения будет наиболее коротким, экономичным. При последующем проведении культуртехнических мероприятий срок окупаемости затрат на осушение и освоение осушенных земель будет наименьшим.

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. Осадки бедны зольными элементами, поэтому на болотах атмосферного питания развивается мох сфагнум. Торфяники таких болот имеют низкую зольность, плодородие их весьма низкое. При использовании после осушения таких болот под сельскохозяйственные угодья требуется внесение органических и минеральных удобрений. Кислотность торфяных почв снижают проведением известкования.

Грунтовое водное питание встречается на болотах, расположенных в нижней части склона и в поймах рек. Они получают питание от постоянного притока грунтовых вод, которые на болоте могут находиться в виде бассейна (при образовании болота в результате зарастания водоема) или в виде потока грунтовых вод.

Болота грунтового питания при содержании в воде большого

количества зольных элементов (минеральных солей) имеют богатую растительность: осоки, камыши, тростники.

Торфяники болот грунтового питания отличаются высокой зольностью и после осушения могут стать высокоплодородными сельскохозяйственными угодьями.

Напорно-грунтовое питание приурочено к болотам, расположенным в нижней трети склона, а также к поймам рек. Такое водное питание может проявляться в виде сосредоточенного выхода грунтовых вод или в виде их скрытой напорности. Напорность грунтовых вод обусловлена тем, что их поток сверху прикрыт водонепроницаемым почвогрунтом, суглинком аллювиального или делювиального происхождения (в поймах рек) или торфом. Под этим водонепроницаемым слоем залегает водоносный горизонт, который, в свою очередь, подстилается водупором (рис. 59, 60). 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 даже фонтанировать.

Область питания напорного грунтового потока, как правило, располагается значительно выше зоны распространения напорности. Зона напорности может быть установлена пьезометрическим уровнем, то есть высотой подъема напорных вод над дневной поверхностью. 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. Намывное питание поэтому подразделяется на аллювиальное при затоплении территории паводковыми водами рек и делювиальное при наличии притока воды с вышерасположенных склонов.

Паводковые воды содержат большое количество илистых частиц, смытых с полей. При осаждении ила в пойме рек происходит формирование микрорельефа поймы.

Пойменные болота могут иметь намывное или смешанное питание, грунтовое и намывное или грундово-напорное и намывное. При определении типа водного питания в этом случае необходимо установить преобладающее влияние того или другого типа.

§ 88. Требования сельскохозяйственных культур к водному режиму почвы, нормы осушения

С помощью осушительных мелиораций на болотном массиве создаются оптимальные водный и воздушный режимы почвы.

При оптимальном водном режиме почвы обеспечивается необходимое для сельскохозяйственных культур соотношение влаги,

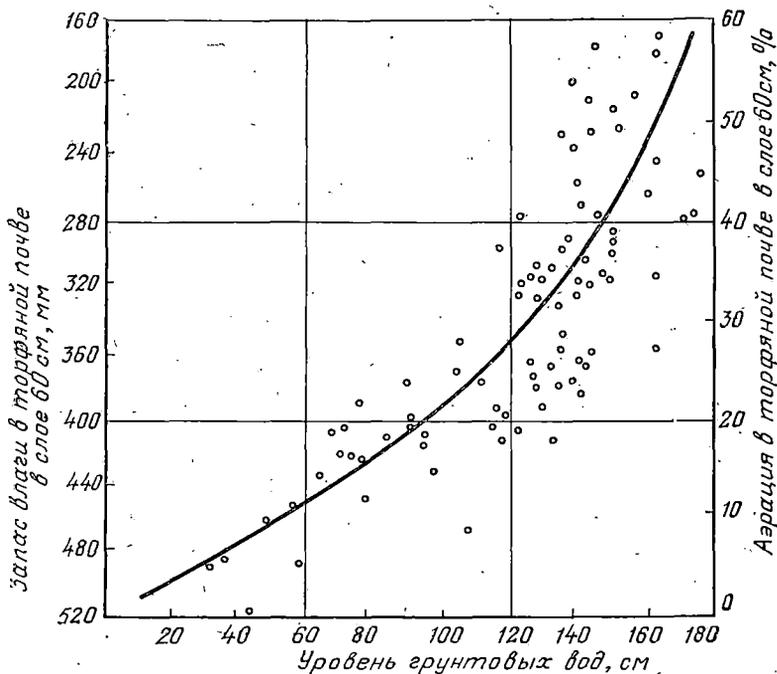


Рис. 61. Зависимость запасов влаги и аэрации почвы в слое 0...60 см торфа при различных нормах осушения.

тепла и воздуха, создаются условия для аэробного процесса. При возделывании зерновых колосовых в корнеобитаемом слое почвы должно содержаться не менее 20...30 % воздуха и 70...80 % влаги от полной влагоемкости, для корнеплодов соответственно 30...40 и 60...70 %, для трав — 15...20 и 80...85 %.

Создание таких условий на осушаемой территории достигается отводом избыточных поверхностных вод и понижением уровня грунтовых вод.

Влагоемкость почвы и ее аэрация на осушенных землях очень сильно зависят от глубины залегания грунтовых вод.

На рисунке 61 приведена зависимость запасов влаги и аэрации в слое торфа 0...60 см по данным Кировской лугоболотной опытной станции. Из рисунка видна связь влажности торфяной почвы, содержания воздуха и режима грунтовых вод на осушенном болоте.

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 дневной поверхности, обеспечивающее влажность почвы, необходимую для произрастания сельскохозяйственных культур в вегетационный период, назы-

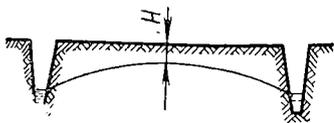


Рис. 62. Депрессионная кривая и норма осушения.

вается нормой осушения H (рис. 62). Посредством нормы осушения выражаются требования культур к осушению. Она обеспечивает в почве необходимые водные и воздушные условия для получения высоких урожаев.

Норма осушения, или требуемое понижение грунтовых вод, зависит: от требований к влажности почвы культур; от климатических условий — чем влажнее и холоднее климат, тем понижение грунтовых вод больше; от свойств осушенной почвы и ее структуры (на тяжелых почвах или хорошо разложившихся торфах грунтовые воды должны понижаться сильнее, на почвах песчаных с малым капиллярным поднятием — на меньшую глубину); от характера агротехники.

В зависимости от перечисленных факторов А. Н. Костяков приводит нормы осушения для различных сельскохозяйственных культур (табл. 31).

Таблица 31. Нормы осушения для некоторых сельскохозяйственных культур

Культуры	Средняя норма осушения, см	
	за вегетационный период	за весенний и предпосевной периоды
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 в пределах 17...22 %.

В вегетационный период норма осушения по стадиям роста растений зависит от свойств осушенных почв, вида культур и сухости года.

Норму осушения увязывают с влажностью корнеобитаемого слоя почвы, осадками, испарением влаги растениями и почвой в период вегетации сельскохозяйственных культур.

Норму осушения при заданной (оптимальной) влажности в слое почвы 0...40 см с учетом осадков и испарения за вегетационный период определяют по формуле (А. М. Янголь).

$$H = 0,028(100 - \gamma) \frac{P}{E},$$

где H — норма осушения, м; γ — оптимальная влажность почвы в слое 0...40 см, % НВ; P и E — соответственно сумма осадков и испарение за вегетационный период, мм.

За период вегетации требования сельскохозяйственных культур к понижению уровня грунтовых вод на осушенных землях не остаются постоянными, а изменяются по фазам роста и развития. Так, рожь до колошения хорошо развивается при уровне грунтовых вод 0,4...0,6 м, а с момента колошения требует снижения уров-

ня до 0,6 м. К фазе молочной спелости уровень грунтовых вод необходимо довести до 0,75 м.

Для овса в начале вегетации глубина стояния грунтовых вод может быть в пределах 0,4...0,5 м, а с момента выхода в трубку до конца вегетации — 0,70...0,75 м.

Пастбищные травы в начале вегетации требуют понижения грунтовых вод до 0,75 м, а к моменту наступления жаркой летней погоды — до 0,60 м.

Луговые травы дают наилучший прирост урожая при норме осушения 0,50...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. При сильном понижении грунтовых вод влажность почвы может достигнуть того минимального предела, который растения не могут использовать. Предел влажности, который недоступен растениям, называют коэффициентом увядания (равный полуторной максимальной гигроскопической влажности почвы). На торфяных почвах с их высокой влагоемкостью содержание воды в торфе 40...45 % по массе является уже недоступным растениям. При влажности почвы, близкой к коэффициенту увядания, растение начинает страдать от недостатка воды, что наблюдается преимущественно в засушливые годы, когда грунтовые воды сильно понижаются и в корнеобитаемой зоне нарушается капиллярная связь. 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 объектах.

§ 89. Методы и способы осушения

При выборе методов и способов осушения заболоченных земель учитывают причины заболачивания и тип водного питания болот и избыточно увлажненных земель, а также характер хозяйственного использования осушенных земель.

В мелиоративной практике применяют следующие методы осушения: ускорение стока воды с поверхности почвы путем устройства открытых каналов и борозд; понижение уровня грунтовых вод при помощи открытых каналов или дренажей; ограждение осушаемого массива от подтопления или затопления паводковыми водами реки или потоками воды с прилегающих склонов местности.

В зависимости от метода осушения и планируемого сельскохозяйственного использования осушаемой площади (луга, пастбища, полевой, овощной или кормовой севообороты) выбирают наиболее эффективный способ осушения. К основным способам осушения относятся:

открытые каналы, отводящие поверхностные и грунтовые воды; горизонтальный и вертикальный дренаж, отводящий почвенно-грунтовые и частично поверхностные воды;

вертикальные водопоглощающие колодцы, понижающие уровень грунтовых вод и отводящие воду в нижележащий песчаный слой;

ловчие каналы или головной дренаж территории, подтопленной потоком грунтовых вод с вышерасположенной территории;

нагорные каналы, отводящие поверхностные воды, которые стекают с прилегающих склонов;

обвалование земель в целях защиты их от затопления водами рек в период разлива.

§ 90. Осушительные системы

В состав осушительной системы входят: осушаемое болото или избыточно увлажненные земли; регулирующая (осушительная) сеть каналов или дрен, отводящих поверхностные и почвенно-грунтовые воды и обеспечивающих в корнеобитаемом слое оптимальные водный и воздушный режимы; проводящая сеть каналов или дрен, предназначенная для своевременного сбора воды и отвода ее в водоприемник; водоприемники — реки, овраги или озера, принимающие воду с осушаемой территории.

Деление осушительной системы на регулирующую (осушительную) и проводящую сеть надо считать условной, так как проводящая сеть каналов и водоприемник так же, как и регулирующая сеть, оказывают большое осушительное действие на прилегающую к ней территорию. Осушительное действие каналов зависит от во-

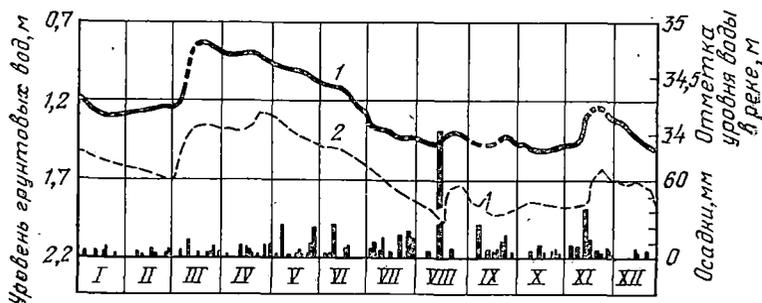


Рис. 63. Уровень воды в р. Орессе (1) и в колодце (2), расположенном в пойме этой реки на расстоянии 1 км от русла (по А. Д. Брудастову).

допроницаемости осушенных почвогрунтов, притока поверхностных или грунтовых вод, глубины канала (дрены) и степени понижения уровня воды в канале или дрене.

В практике осушения было много случаев, когда при регулировании русла рек, понижении уровня воды в них на 1,5...2 м была осушена пойма на расстоянии 1...1,5 км от реки без проведения дополнительной мелкой осушительной сети.

Существует довольно тесная гидравлическая связь между уровнем воды в водоприемнике и грунтовыми водами прилегающей территории. Доказательством этого служат приведенные на рисунке 63 уровни воды в р. Орессе Белорусской ССР и в наблюдательном колодце, расположенном в пойме на расстоянии 1 км от русла реки. Уровень воды в колодце довольно точно копирует характер изменения уровня воды в реке. Следовательно, реки являются не только водоприемниками, но и регулирующей сетью для прилегающей поймы.

Глава 16. ОСУШЕНИЕ ОТКРЫТЫМИ КАНАЛАМИ

Открытые каналы, или открытый дренаж, — наиболее простой и дешевый способ осушения болотных и избыточно увлажненных минеральных почв. Осушительные каналы применяют для ускоренного отвода поверхностных вод, а также для понижения и отвода грунтовых вод. Этот способ из-за дешевизны и простоты применения является пока основным в нашей стране и за рубежом. Осушительные каналы получили распространение при атмосферном и грунтовом типе питания, то есть для отвода поверхностных вод (ускорение стока воды с поверхности почвы), а также для понижения уровня грунтовых вод. Сеть мелких осушительных каналов должна создать и поддерживать в корнеобитаемой зоне почвы на осушаемой территории оптимальные водный, воздушный, тепловой и питательный режимы, обеспечивающие получение высоких урожаев возделываемых культур. Принцип действия осушительных каналов основан на том, что они отводят излишнюю гравитационную влагу из почвогрунта или принимают поверхностные воды и переводят их в состояние водных токов в каналах.

§ 91. Поступление воды в открытый канал

Почти до конца прошлого столетия считалось, что грунтовые воды поступают в канал исключительно через его откосы под действием силы тяжести, вследствие уклона депрессионной кривой грунтовых вод. Под каналом же вода находится в состоянии покоя, и никакой связи ее с водой, находящейся в канале, нет.

Теоретические исследования Н. Е. Жуковского в нашей стране, а затем Форхгеймера в Германии показали, что вода в канал поступает по смоченному периметру со всей глубины водоносного пласта. Движение грунтовых вод происходит не только выше пло-

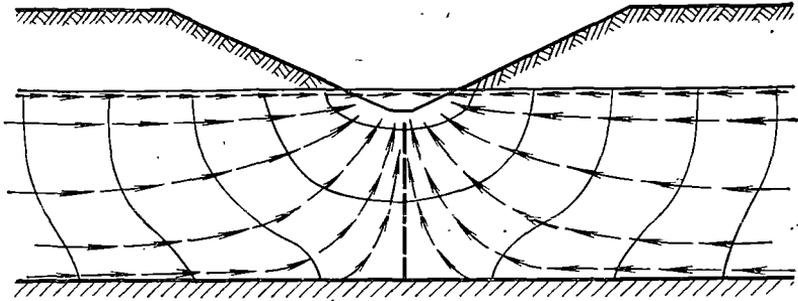


Рис. 64. Поступление воды в открытый канал.

скости, проходящей через дно канала, но и ниже ее на всей глубине водоносного пласта, до самого водоупора.

Экспериментальные работы Тима с вертикальными колодцами, а затем Пеннинка в 1907 г. в опытах с каналами полностью подтвердили теоретические исследования Н. Е. Жуковского и Форхгеймера. Измерением распределения гидравлических напоров в водоносном пласте с помощью пьезометрических трубок, установленных на разных расстояниях от канала, Пеннинка установил, что линии одинаковых пьезометрических напоров располагаются по некоторым концентрическим поверхностям вокруг смоченного периметра канала (рис. 64).

Напор грунтовых вод убывает по мере приближения к смоченному периметру, так что наиболее удаленные от канала линии являются линиями наибольшего напора.

Линии токов грунтовых вод располагаются по нормали к линии равного пьезометрического напора, в сторону его убывания. Притекание воды в канал происходит, таким образом, по всему смоченному периметру как через откосы, так и через дно канала из всего водоносного пласта. Такое движение грунтовых вод к каналу происходит в силу гидростатического давления, создаваемого депрессией грунтовых вод. Н. Е. Жуковским установлено, что давление в водоносном слое распределяется по закону эквипотенциалей или поверхностей равного напора.

§ 92. Расположение осушительных каналов

Расположение осушительных каналов на местности зависит от почвенных и топографических условий, а также от последующего использования осушенных земель (пашня, луга, пастбища, сады, огороды и др.).

Осушительные мелкие каналы впадают в более крупные транспортирующие собиратели, которые впадают в водоотводящие каналы сначала младших, затем старших порядков, до первого порядка включительно (рис. 65). Каналы первого порядка впадают

в магистральный канал, который впадает в водоприемник (река, ручей, балка, тальвег и др.).

В летний период водоприемник должен беспрепятственно принимать воду от 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 указанной на рисунке 69 осушительной системы могут отсутствовать. Иногда мелкие осушительные каналы могут впадать в магистральный канал.

Мелкие осушительные каналы нарезают обычно под острым углом к горизонтали местности, а при грунтовом питании болота — под острым или прямым углом к направлению потока грунтовых вод. Глубину каналов на лугах и пастбищах принимают равной 0,8...1,0 м, на полевых угодьях — 1...1,2 м, в садах — 1,2...1,4 м. Ширина по дну 0,2...0,4 м, коэффициент заложения откосов $m=1$ (1:1). Длина каналов может достигать 700...1500 м. Уклон мелких осушительных каналов от 0,0005 до 0,005.

Глубина более крупных каналов, в которые впадает мелкая осушительная сеть, определяется условиями сопряжения каналов в вертикальной плоскости (рис. 66). Если глубина мелкого осушительного канала равна 1 м, то глубина канала (собирающего от осушителя воду, равна глубине осушителя + глубина воды в собирателе в расчетный (меженный, бытовой) период, которую определяют гидравлическим расчетом. Так же определяют глубину более старших каналов, включая и магистральный.

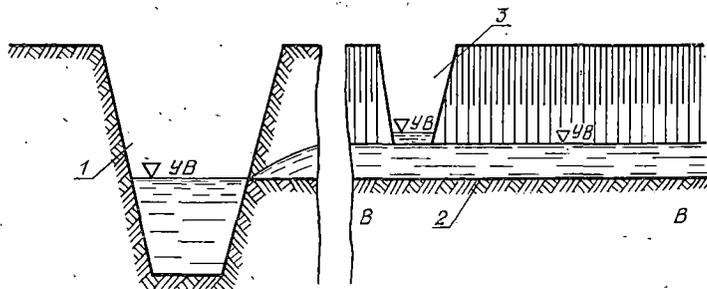


Рис. 66. Сопряжение осушительных каналов в вертикальной плоскости (по А. Д. Брудастову):

1 — канал первого порядка; 2 — дно канала второго порядка; 3 — канал третьего порядка.

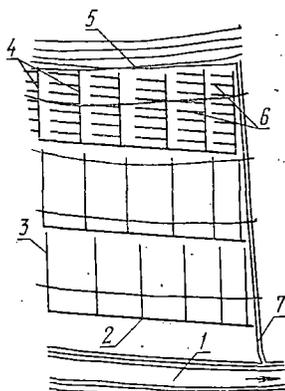


Рис. 65. План осушительной сети:

1 — река-водоприемник; 2 — канал первого порядка; 3 — канал второго порядка; 4 — собиратели; 5 — нагорный канал; 6 — осушители; 7 — магистральный канал.

Следовательно, сопряжение каналов в вертикальной плоскости проводят по правилу: дно младшего канала подводят под урез воды канала старшего порядка в расчетный (меженный, бытовой) период.

Коэффициенты заложения откосов осушительных каналов для различных почвогрунтов Белоруссии, по данным Ф. В. Игнатенка, приведены ниже.

Торф различной степени разложения	0,75...1,25
Глина, тяжелый и средний суглинок, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый глиной и средним суглинком	1,0
Суглинок легкий, супесь, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый легкими суглинками, супесями	1,25...1,5
Песок или торф, подстилаемый песком	1,5...2,0

Деление каналов на осушители, транспортирующие собиратели и отводящие каналы является условным и определяется территориальным расположением и их глубиной. Так, осушительным каналом принято называть самый мелкий канал, который осушает прилегающую к нему территорию и отводит воду в транспортирующий собиратель. Последний принимает воду от осушительного канала и оказывает также большое осушительное действие — на прилегающие к нему земли, так как глубина транспортирующего собирателя больше осушителя, а осушительное действие канала увеличивается с глубиной. Проводящий канал принимает воду от транспортирующих собирателей и также оказывает большое осушительное действие на прилегающие площади. И, наконец, магистральный канал собирает воду от проводящих каналов и вследствие большой его глубины оказывает значительное осушительное действие на прилегающие земли. При хорошей водопроницаемости почвогрунтов осушаемой территории (торф, подстилаемый песками, или суглинистые пласты с прослойками супеси или песков) и небольшом притоке грунтовых вод магистральный канал глубиной 2,5...3,0 м оказывает осушительное действие на 500...1500 м по обе стороны от канала. Поэтому в летний период на некоторых осушительных системах можно наблюдать, что вода в каналах пересохла, уровень грунтовых вод на всей территории сильно понизился, живой ток воды наблюдается только по магистральному каналу, то есть работает только магистральный канал, осушительное действие которого распространилось на значительное расстояние, мелкая же осушительная сеть не работает.

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 (не менее 120°).

Расстояния между мелкими осушительными каналами определяют по формуле А. Н. Костякова:

$$D = \frac{78}{\gamma} A \sigma T^2 \sqrt{i},$$

где D — расстояния между осями каналов, м; γ — коэффициент шероховатости поверхности осушенного массива, который для пашни $\gamma=1,5$, для задерненного болота, $\gamma=5 \dots 10$, для закокочаренного болота $\gamma=10 \dots 15$; A — интенсивность летних дождей, мм/мин; σ — коэффициент поверхностного стока, определяемый по нижеприведенным данным.

Значения коэффициента поверхностного стока (δ)

Почвогрунты	σ
Почвогрунт хорошей водопроницаемости, пологие склоны, пашня	0,3...0,4
Почвогрунт средней водопроницаемости, средние склоны, луга	0,4...0,5
Грунт ниже средней водопроницаемости, лесные склоны	0,5...0,05
Грунт малой водопроницаемости, лесные склоны	0,65...0,80
Весенний сток по мерзлой почве	0,70...0,90

T — допустимая продолжительность весеннего (предпосевного) затопления культур, в течение которой осушительные каналы должны отвести воду, ч. Для сеюсков $T=20 \dots 25$ сут, для пастбищ — $10 \dots 15$, для полевых культур — $8 \dots 12$, для овощных — $3 \dots 5$ сут; i — уклон местности.

В практике эксплуатации осушительных систем расстояния между осушительными каналами чаще берут по опытным данным. В таблице 32 приведены расстояния между осушительными каналами в зависимости от характера почвогрунта для центральных районов Нечерноземной и Черноземной зон.

Таблица 32. Расстояния между осушительными каналами, 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

В таблице 33 приведены расстояния между каналами для условий Белоруссии, северной части Украины и Прибалтийских республик.

Таблица 33. Расстояния между осушительными каналами для БССР и северной части УССР и Прибалтийских республик (Ф. В. Игнатенко)

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, принимающие воду из осушительных каналов, проводят на местности по возможности под прямым углом к горизонталям поверхности участка. Скорость течения воды в этих каналах не должна быть более 0,2...0,4 м/с. Ширина по дну 0,3...0,5 м, глубина на 10...20 см больше глубины осушителей. Из транспортирующих собирателей вода подается в более крупные отводные каналы, которые впадают непосредственно в магистральный канал.

§ 93. Глубокие (одиночные) каналы

В мелиоративной практике нашей страны имеется большой опыт осушения пойменных болот и заболоченных земель одиночными (глубокими) каналами, имеющими глубину более 1,5...2,0 м, то есть глубина их превышает глубину каналов систематической осушительной сети.

Глубокий канал при определенных гидрогеологических условиях (малом притоке грунтовых вод и хорошей водопроницаемости грунтов) может сильно изменить водный режим осушаемого массива без дополнительной мелкой систематической сети. В этом заключается его главное преимущество перед мелкими. Поэтому крупные магистральные каналы осушительной системы играют не только проводящую роль, но и оказывают осушительное действие на прилегающие к ним земли.

Глубокий канал по принципу действия отличается от мелкого степенью и характером понижения грунтовых вод, а также сферой влияния.

При грунтовом питании с незначительным притоком грунтовых вод (не более 0,1 л/с на 1 м дрены) уровень их с осени устанавливается на отметках бытового уровня канала, то есть занимает наинизшее положение (А. Д. Брудастов). Весной после снеготаяния и оттаивания верхнего слоя почвы освободившаяся талая во-

да быстро просачивается вниз и наращивает (повышает) уровень грунтовых вод на

$$H = n/\delta,$$

где H — подъем грунтовых вод при просачивании воды, м; n — слой просачивающейся воды, м; δ — коэффициент водоотдачи грунта.

Паводок и снеготаяние здесь в расчет не берут, так как в это время почва бывает мерзлой и водопроницаемой. Количество воды, освободившейся при оттаивании почвы, невелико, поэтому повышение уровня грунтовых вод в зоне действия канала будет незначительным и поверхность грунтовых вод установится ниже поверхности земли на значение, не меньшее требуемой нормы осушения ($H=0,5$ м).

Такое положение уровня грунтовых вод обеспечивает распространение осушительного действия глубокого канала в сторону от него на 500...2000 м. Для мелкого канала ввиду близости стояний грунтовых вод зимой и в период оттаивания почвы просочившаяся вода вызывает подъем грунтовых вод до поверхности земли, поэтому осушительное действие такого канала окажется незначительным. Грунтовые воды на болоте и на минеральной почве поднимаются в период снеготаяния и паводка и наивысшего положения достигают в период прохождения пика паводка, а при спаде его еще задолго до полного оттаивания почвы начинают понижаться (срабатываться). К этому моменту территория осушаемого массива должна освободиться от поверхностных вод, так как скопление поверхностных вод задерживает начало срабатывания грунтовых вод.

Понижение грунтовых вод происходит не только за счет действия канала, но и за счет испарения, которое к концу апреля и началу мая бывает значительным — до 2 мм/сут.

В редких случаях, когда перед снеготаянием грунтовые воды стоят низко, а снеготаяние проходит дружно (в течение 3...5 дней) и осушаемая территория не затопляется паводковыми водами, грунтовые воды могут не подняться до поверхности и действие глубокого канала будет более интенсивным. Пойменные болота и заболоченные земли весной затопляются тальми водами, вследствие чего грунтовые воды поднимаются до дневной поверхности и к моменту спада паводка занимают это же положение. До того как пойма затопляется паводковыми водами, грунтовые воды поднимаются под влиянием снеготаяния. Срабатывание грунтовых вод происходит тем быстрее, чем интенсивнее и на большую величину понижается уровень в канале или русле. Поэтому глубокий канал окажет более эффективное действие, чем мелкий.

Вследствие низкого стояния грунтовых вод осенью, зимой и ранней весной под действием глубокого канала создаются хорошие условия для окислительного и биологического процессов разложения торфа, создания структуры на болотных почвах и улуч-

шения водного и воздушного режимов. Почва становится более проницаемой, и отвод грунтовых вод из поверхностных слоев происходит быстрее.

К преимуществам глубокого канала относится следующее: благодаря большой пропускной способности он обеспечивает своевременный отвод поверхностных вод и необходимое понижение грунтовых вод к началу посевного периода; большое расстояние между каналами улучшает условия механизации сельскохозяйственных работ на осушаемой территории; устройство редкой сети глубоких каналов обходится дешевле мелкой и частой осушительной сети; низкое стояние грунтовых вод осенью, зимой и ранней весной создает условия для интенсивного разложения торфа, что улучшает водный и воздушный режимы почвы.

К недостаткам глубокого канала можно отнести: 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 оно 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 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 наличии сильного притока грунтовых вод одиночный канал или река не могут 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 могут быть осушены без применения систематической открытой или закрытой дренажной сети;

действие одиночных каналов в поймах рек бывает значительное (до 2 км) при отрегулированном поверхностном стоке осушаемой территории. Поэтому одиночные каналы 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, но частых каналов, иногда с сетью кротового дренажа.

§ 94. Осушение при грунтовом водном питании (при наличии притока грунтовых вод)

Болота и заболоченные почвы, расположенные в поймах рек, довольно часто получают водное питание от грунтовых вод, текущих со стороны коренного берега. Грунтовые воды здесь представлены в виде потока; от притока грунтовых вод зависит степень переувлажнения рассматриваемого заболоченного массива.

Как указывалось выше, при благоприятных геологических условиях (наличии хорошо водопроницаемых грунтов) такое болото можно осушить глубокими одиночными каналами. В большинстве случаев значительное снижение грунтовых вод достигается урегулированием русла реки (расчисткой и углублением русла). При небольшом притоке грунтовых вод снижением уровня воды в реке достигается осушение довольно широкой полосы поймы — 800... 1500 м от русла реки. При значительном же притоке грунтовых вод только снижением уровня воды в реке нельзя добиться хорошего эффекта при осушении поймы. В этом случае поток грунтовых вод при выходе его в пойму перехватывают с помощью ловчего канала (дрены). Ловчий канал делают глубиной 1,5...2 м; это обеспечивает перехват основного расхода потока грунтовых вод и понижение грунтовых вод на пойменном заболоченном массиве до требуемой нормы осушения. Расстояние между рекой и ловчим каналом может достигать 1...2 км.

Под ловчим дренажем понимают горизонтальный, вертикальный или комбинированный дренаж, проложенный по верхней (по отношению к потоку грунтовых вод) границе осушаемой территории в целях понижения напора потока грунтовых вод, полного или частичного перехвата его расхода. Ловчий дренаж применяют в большинстве случаев в поймах рек, где наблюдается сильный приток грунтовых вод со стороны коренной террасы и где нижележащий канал (дрена) или урегулированная река не сможет достаточно понизить уровень грунтовых вод. На рисунке 67 показано действие ловчего (головного) канала в пойме реки.

Головной дренаж (каналы) применяют для осушения земель при напорном и безнапорном питании.

Для напорных потоков в большинстве случаев устраивают горизонтальный ловчий дренаж с вертикальными колодцами.

При осушении сельскохозяйственных земель с сильным притоком грунтовых вод не требуется полного перехвата их, а лишь понижение уровня на необходимую величину, требуемую условиями роста сельскохозяйственных культур. Так как положение уровня грунтовых вод определяется требованиями растений, характером почвы, климатом и др., а средняя норма осушения даже зер-

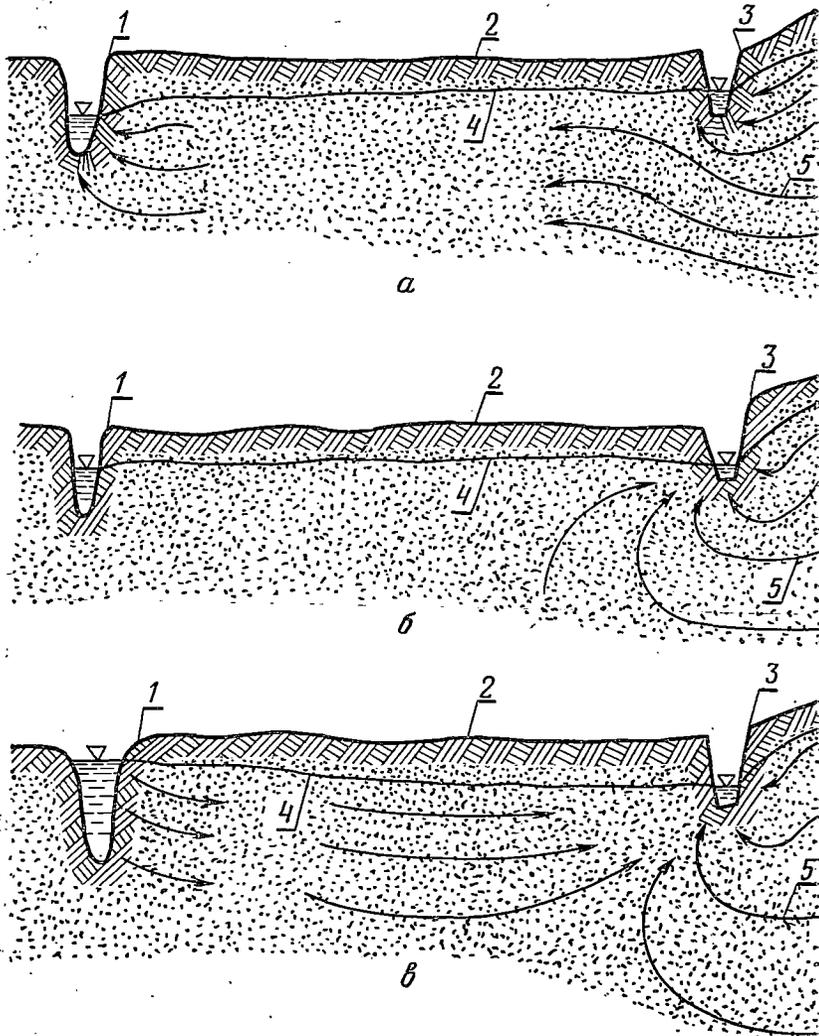


Рис. 67. Осушительные действия ловчего канала в пойме реки:

а — уровень воды в реке ниже, чем в ловчем канале; *б* — уровень воды в реке и ловчем канале стоят на одинаковой отметке; *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.

новых культур за вегетационный период не превышает 1,0...1,2 м, то для понижения грунтовых вод не требуется глубокий ловчий дренаж (каналы). Ловчий дренаж (канал) создает довольно равномерное осушение прилегающей территории. Ловчая несовершенная дрена, не доходящая до водоупора, не перехватывает полностью поток, если он не имеет подпора со стороны реки. Если

же поток грунтовых вод имеет подпор, как часто бывает в поймах рек, то несовершенный головной канал может перехватить весь расход потока грунтовых вод. Между ловчим каналом (дренажем) и рекой образуется замкнутый бассейн, ограниченный с одной стороны ловчим каналом (дреной), с другой — рекой. Если уровень воды в ловчем канале устанавливается ниже отметки уровня воды в реке, то поток со стороны реки будет перехватываться ловчим каналом. Дебит ловчей дрены (канала) при свободном потоке (без подпора) грунтовых вод может быть подсчитан по формуле Хопф-Треффца:

$$Q_1 = Qh/H,$$

где Q_1 — дебит ловчей дрены, м³/с; Q — расход потока грунтовых вод, м³/с; h — глубина заложения дрены от поверхности, м; H — мощность водоносного горизонта, м.

Дебит ловчей дрены в сильной степени зависит от подпора со стороны реки. При стоянии уровня воды в реке на отметке заложения дрены он достигает 93,7 % общего расхода потока грунтовых вод.

Следовательно, при подпоре потока грунтовых вод со стороны реки формула Хопф-Треффца для расчета дебита ловчей дрены не применима, она пригодна только для свободного, неподпорного потока грунтовых вод.

§ 95. Осушение при грунтово-напорном водном питании

При грунтово-напорном водном питании, когда водоносный пласт прикрыт сверху плохо водопроницаемыми грунтами (суглинки, торф), применение мелкой осушительной сети (каналы или закрытый дренаж) не дает положительных результатов, так как она не снижает напорности потока грунтовых вод.

Для осушения болот при таком водном питании применяют ловчий дренаж, два конструктивных варианта которого приведены ниже:

верхний плохо водопроницаемый слой имеет небольшую мощность — до 1...1,5 м, далее залегает напорный водоносный горизонт. Применением ловчего канала обеспечивается перехват части расхода потока грунтовых вод и снижение пьезометрического напора этого потока. Ловчий канал прорезает всю толщу верхнего плохо водопроницаемого горизонта и дном касается водоносного горизонта или несколько врезается (на 0,2...0,3 м) в него. Этим обеспечивается перехват части расхода потока и снижение его пьезометрического напора;

верхний слабоводопроницаемый слой имеет значительную мощность — более 3...5 м. В этом случае не представляется возможность вскрыть водоносный горизонт открытым каналом или закладкой закрытого дренажа. Для эффективного осушения такого

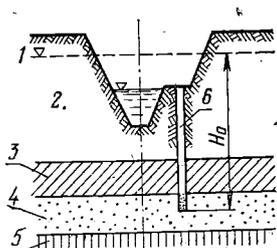


Рис. 68. Ловчий канал с вертикальными колодцами:

1 — уровень грунтовых вод; 2 — торф; 3, 5 — водоупорные слои; 4 — водоносный слой; 6 — вертикальный колодец.

которые подсчитывают по формуле Эренбергена:

$$h_w = \frac{H}{2} \left(1 - \frac{h}{H} \right)^{1,72}$$

где h_w — потери напора в колодцах-фильтрах, м; H — разность отметок пьезометрического напора и нижнего конца колодца-фильтра, м; h — разность отметок уровня воды в канале и нижнего конца колодца, м.

Вертикальные колодцы-фильтры устанавливают по длине канала на расстоянии 20...50 м.

§ 96. Осушение при намывном типе водного питания

Как было отмечено выше, намывное питание обусловлено разливом рек во время весеннего половодья (аллювиальное питание) и притоком главным образом талых вод с прилегающих к пойме склонов (делювиальное питание).

В первом случае проводят мероприятия по своевременному сбросу паводковых вод с поймы. Для этого регулируют русло реки, углубляют его, делают прочистку дна и берегов в целях увеличения пропускной способности реки.

Объектами осушения при этом типе водного питания являются болота, находящиеся в центральной пойме и представленные в виде замкнутых блюдц, с плохими условиями стока воды, а также замкнутые понижения, западины, мелководные озера, староречья с водоупорными (плохо водопроницаемыми) грунтами. Для осушения перечисленных объектов проводят тальвеговую сеть каналов по наиболее пониженным элементам рельефа поймы. Дно канала устраивают на 0,2...0,5 м ниже самых глубоких понижений рельефа в целях полного их осушения. Это очень важно при противомаярийном осушении.

Иногда постройка тальвеговых каналов в поймах рек бывает связана с серьезными препятствиями: проведением их через бугры и перевалы, отделяющие смежные понижения. При пересечении таких перевалов открытыми каналами требуется выполнять большой объем земляных работ, каналы получаются довольно глубокими, откосы и дно которых подвергаются сильной деформации в период весенних половодий. В этом случае вместо очень глубоких каналов укладывают закрытые трубы диаметром не менее 0,5 м, чтобы можно было периодически чистить их при заилинии.

При делювиальном питании в целях защиты поймы от притока со склонов паводковых и ливневых вод по верхней границе поймы устраивают нагорные каналы. Кроме этого, на прилегающих склонах необходимо проводить агротехнические и лесомелиоративные мероприятия по задержанию талых и ливневых вод на водосборе. Особенно остро здесь стоит вопрос борьбы с оврагами. В результате текущих бурных потоков воды по оврагам, впадающим в пойму реки, последняя заносится продуктами эрозии, илом, песком. При впадении оврагов в реку создаются конусы выносов, подпоры воды (перекаты), нарушающие равномерный режим движения воды в реке. Применение эффективных мер по борьбе с действующими оврагами является обязательным мероприятием при осушении болот и заболоченных земель, при намывном их питании.

§ 97. Гидрологический расчет осушительной сети

При проектировании осушительной сети необходимо определить расчетные расходы воды, которые будут пропускать проводящие каналы в различные критические периоды года.

Критические периоды устанавливаются в зависимости от сельскохозяйственного использования осушенных земель согласно действующему руководству по проектированию систем сельскохозяйственного назначения. Руководством по проектированию осушительных систем сельскохозяйственного назначения (ВТР-П-8—78) расчетные расходы определяются в зависимости от характера использования осушенной территории (табл. 34).

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 отсутствии данных многолетних гидрометрических наблюдений расчетные расходы определяют по эмпирическим формулам и картам для данного региона.

Расчетные расходы осушительных каналов при площади водосбора более 5 км² определяют в устьях и верховьях канала, в местах резкого изменения водосборной площади, выше и ниже впадающих притоков.

Таблица 34. Расчетные расходы 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)	Весеннего половодья	В бровках канала	10
	Летне-осеннего па- водка	То же	10
Полевые севообороты без озимых	Предпосевной	С запасом 0,5...0,6 м от бровки канала	10
	Летне-осеннего па- водка	В бровках канала	10
Пастбища и сенокосы	То же	То же	10
	Предпосевной	С запасом 0,5...0,6 м от бровки канала	5
Овощные севообороты	Летне-осеннего па- водка	В бровках канала	5
	Весеннего половодья	То же	5
Сады	Летне-осеннего па- водка	»	5
	Среднемеженный	Обеспечение беспод- порной работы впа- дающей сети	50
Для всех видов использования			

§ 98. Гидравлический расчет каналов

Гидравлический расчет каналов проводят для установления размеров их поперечного сечения и проверки скорости движения воды.

Гидравлический расчет выполняют для каналов с площадью водосбора более 500 га. Если уклон местности вдоль каналов превышает 0,0015 на песчаных почвах, 0,003 на суглинках и 0,005 на глинистых почвах, то гидравлический расчет каналов ведут при любых площадях водосбора.

Расчет каналов проводят 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%.

При гидравлическом расчете канала трапецидального поперечного сечения по формулам гидравлики для данного сечения расчетного расхода подбором определяют ширину канала по дну b для принятых значений глубины наполнения h и коэффициента шероховатости канала n .

Поперечное сечение каналов так рассчитывают, чтобы уровни воды в них при соответствующих расчетных расходах пропускали их согласно таблице 34.

Размеры поперечного сечения осушительных каналов, которые не подвергают гидравлическому расчету, берутся конструктивно;

поперечное сечение обычно трапециевидальной формы. Ширина таких каналов по дну определяется габаритами рабочих органов землеройных машин.

При открытии каналов одноковшовыми экскаваторами ширину по дну принимают равной 0,4...0,6 м.

Если проектируемый осушительный канал проходит в торфе, то его глубину увеличивают на значение осадки торфа.

Приблизительно осадка торфа может быть принята (% от глубины канала): для торфа плотного 10...15, для торфа средней плотности 15...20, для торфа рыхлого 25...40.

Осадку торфа после осушения наблюдают многие годы (до 15 лет), но наибольшая его осадка происходит в первые 2...3 года после осушения. Так, на глубоком торфяном болоте в пойме р. Ромен, по данным А. М. Янголь, за первые три года после осушения осадка торфа составила 0,8 м, в последующие годы осадки торфа почти не было.

§ 99. Сооружения на открытой осушительной сети

На открытых осушительных каналах устраивают мосты и трубы-переезды, перепады и быстротоки при значительных перепадах местности по оси канала, шлюзы-регуляторы для временного перекрытия канала и для подъема уровня воды в нем. Мосты и трубы-переезды строят на магистральных каналах, транспортирующих собирателях и одиночных тальвеговых каналах при максимальных расходах воды более $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Мосты делают из дерева или из сборных железобетонных конструкций. Ширину моста назначают из условий возможности проезда широкозахватной сельскохозяйственной техники.

На каналах с расходом воды менее $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$ вместо мостов укладывают железобетонные трубы-переезды диаметром 0,4...1,2 м.

Шлюзы-регуляторы строят для того, чтобы в засушливый период вегетации сельскохозяйственных культур не допустить снижения уровня грунтовых вод в зоне, прилегающей к каналу. Их устраивают чаще всего из дерева, однопролетными, с шандорным затвором (рис. 69).

На торфяных осушенных болотах шлюзы строят после осадки торфа, то есть примерно через 2...3 года после нарезки осушительных каналов.

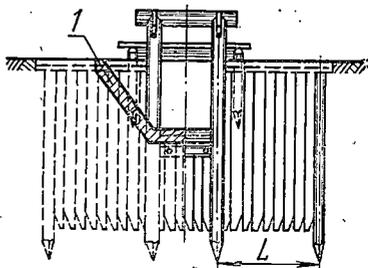


Рис. 69. Шлюз:

1 — крепление местными материалами.

§ 100. Общие сведения о дренаже

Слово «дренаж» происходит от английского слова to drain, то есть отвести, отсосать, слить. Отводить, отсасывать воду из почвы могут как открытые каналы, так и закрытые дрены, поэтому в мелиорации открытые каналы на осушенных землях называют открытым дренажем, а закрытые дрены — закрытым дренажем или просто дренажем.

Закрытый дренаж применяют для осушения болот и избыточно увлажненных земель главным образом при грунтовом и грунтово-напорном водном питании. Закрытый дренаж 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 в дрены, затем поступает в коллекторы и отводится с осушаемой территории.

Как в открытый канал, так и в дренаж поступление грунтовой воды происходит под влиянием разности напора, создаваемого в ее потоке дренажем. Условные поверхности, которые окружают дренаж и имеют одинаковый напор, называются эквипотенциалами. Движение грунтовой воды к дренажу происходит по направлению, перпендикулярному к эквипотенциалам. Характер расположения эквипотенциалов и линий токов воды к дренажу зависит от мощности водоносного слоя, глубины залегания дрены.

Дренаж долговечен, срок его службы 50...70 лет и более. Каналокопатель или многоковшовый экскаватор отрывают канаву, на дно укладывают дренажные трубы, стыки которых закрывают фильтрующим материалом и засыпают вынутым грунтом. Эти дрены (всасывающие или осушительные) отводят грунтовую воду из прилегающей части почвы и отдают ее в отводящие дрены — коллекторы или открытые каналы, затем в магистральный канал и, наконец, в водоприемник. Все названные элементы составляют дренажную систему.

Дренаж применяют как в виде самостоятельных дренажных систем, так и в сочетании с открытыми каналами. Закрытый дренаж лучше регулирует водный режим осушаемой территории по сравнению с открытыми каналами. При дренаже весной быстрее отводится излишняя влага из почвы и складываются более благоприятные водный, воздушный и тепловой режимы в корнеобитаемом слое почвы. Закрытый дренаж создает хорошие условия для широкой механизации работ, способствует росту производительности труда при обработке почвы, посеве культур, уходе за посевами и уборке урожая.

Дрены, которые применяют для понижения и отвода почвенно-грунтовых вод, делятся на два типа:

трубчатые, в которых водоотводящие отверстия выполнены в

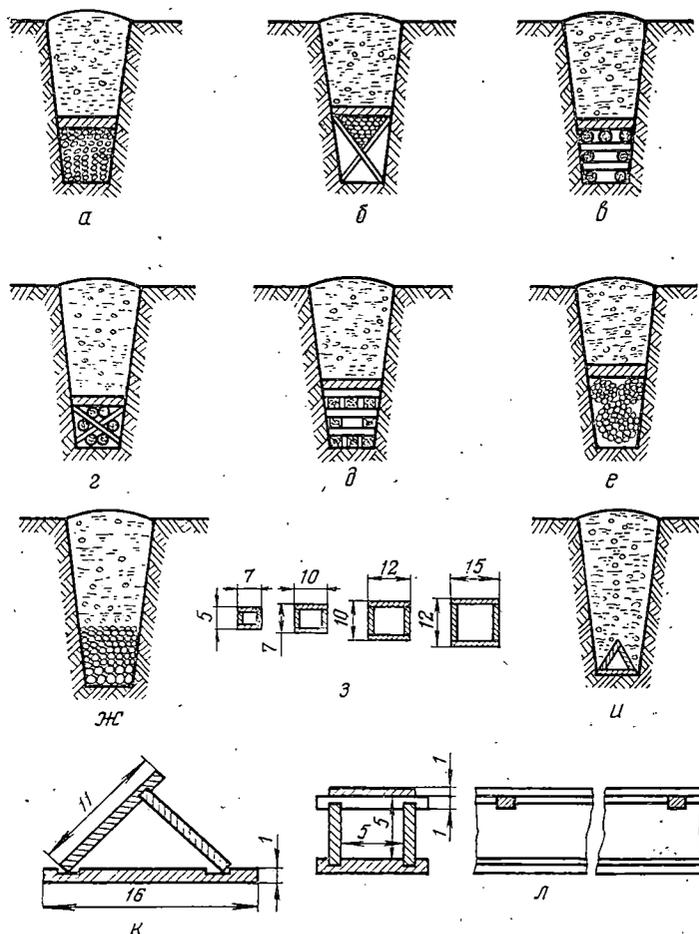


Рис. 70. Типы дренажа:

а — хворостяной; *б* — хворостяной по козлам; *в, г* — жердевой по поперечникам и крестовинам; *д* — брусчатый; *е* — фашинный; *ж* — каменный; *з, к, л* — дощатый прямоугольного, треугольного (без гвоздей) и прямоугольного (без гвоздей) сечения.

виде свободной трубчатой полости с крепленными стенками или без крепления (кротовый дренаж). Трубчатый дренаж изготовляют из гончарных или пластмассовых труб. Такой дренаж в нашей стране и за рубежом получил наибольшее распространение. Иногда трубчатый дренаж устраивают из досок, его называют дощатым, но применяется он редко из-за недолговечности и сравнительной дороговизны;

дрены с заполнением их пористым водопроницающим материалом — крупным щебнем, камнем, хворостом, фашинной, жердями и др. Такой дренаж в настоящее время имеет крайне ограниченное применение (рис. 70).

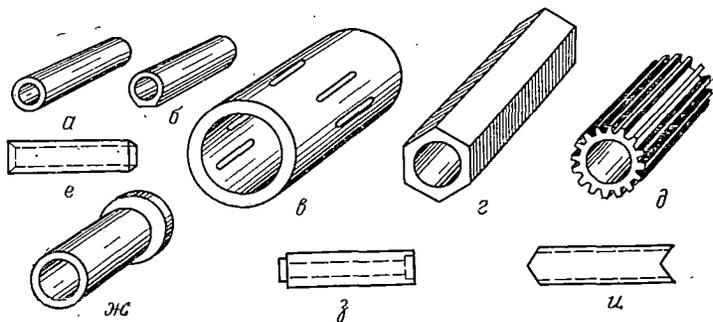


Рис. 71. Гончарные дренажные трубы:

а, г — цилиндрические и граненые по ГОСТ 8411—74; б — с опорной плоскостью; в — перфорированные; д — рифленые; е — с фасками; ж — раструбные; з — фланцевые; и — с фигурным торцом.

§ 101. Гончарный дренаж

Гончарные дрены представляют собой глиняные, хорошо обожженные трубы правильной цилиндрической формы, с одинаковой толщиной стенок по всей длине.

Дренажные трубы изготовляют по ГОСТ 8411—74 с внутренним диаметром 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200 и 250 мм; длина каждой трубы 333 мм. По согласованию завода-изготовителя с потребителем трубы диаметром 100...250 мм могут быть длиной 500 мм. Кроме цилиндрических труб, в нашей стране выпускают и граненые (рис. 71). Однако при укладке граненых труб снижается производительность труда и качество работ, затрудняется механизация укладки труб, особенно шести- и восьмигранных.

Для осушительных дрен применяют трубы малых диаметров — 50 и 75 мм, для коллекторной сети — трубы больших диаметров.

Для укладки дрен сначала отрывают траншею глубиной, равной глубине закладки дренажа. Ширина такой траншеи определяется шириной дреноукладчика или же экскаватора. Дно траншеи тщательно планируют и придают ей необходимый уклон. Осушительным дренам придают уклон не менее 0,002 и не более 0,01. Если дно траншеи состоит из плотных грунтов, то дренажные трубы укладывают на дно. На разжиженных грунтах, в пльвунах и в торфе гончарные трубы укладывают на предварительно проложенные подкладки из теса или горбылей (рис. 72). Трубы укладывают по уклону (сверху вниз). Отдельные трубы кладут вплоты с зазором 1...2 мм. Через эти зазоры и поступает почвенно-грунтовая вода в осушительную дрену. Чтобы дрены

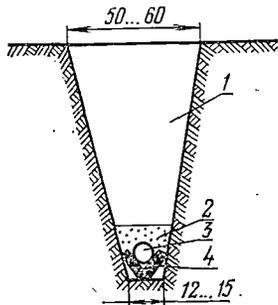


Рис. 72. Гончарный дренаж на подкладках: 1 — почва; 2 — фильтр; 3 — дрена; 4 — подкладка.

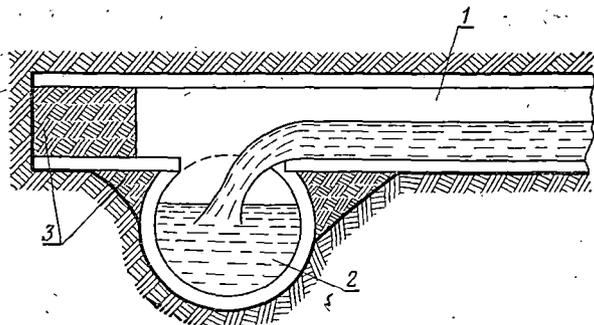


Рис. 73. Сопряжение осушительной дрены с коллектором:

1 — дрена; 2 — коллектор; 3 — глина.

не заилились, зазоры между трубами обкладывают фильтрующим материалом, мхом, гравием, толем, шлаком, стеклотканью, стекловолокном и др. В мелкозернистых оплывающих песках (пльвуны) стыки дрен по всему периметру обкладывают слоем мха толщиной не менее 5 см.

Для обеспечения достаточной пропускной способности осушительных дрен 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 быть более 1 м/с, так как при больших скоростях течения воды возможен размыв грунта в стыках дрен.

Сопряжение осушительной дрены с коллектором показано на рисунке 73.

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.

§ 102. Деревянный дренаж

В тех районах, где древесина не является дефицитом, применяют деревянный дренаж. Деревянный трубчатый, жердевой и фашинный дренаж пригоден для осушения только торфяных болот при наличии постоянного увлажнения, где дерево дольше сохраняется благодаря консервирующему действию торфа. Перед укладкой древесные материалы пропитывают антисептиками: креозотовым маслом, кремнефтористым натрием и др. Срок службы деревянного дренажа в торфяных грунтах может достигать 50 лет, в минеральных — 12...15 лет.

Деревянный трубчатый дренаж изготовляют из досок толщиной 1...2 см и шириной 7...15 см, сколачиваемых в виде труб прямоугольного или треугольного сечения. По длине трубы-доски соеди-

няются в перевязку, то есть в одном месте (на конце одной доски) может быть только один стык. Вода в дренах поступает через щели в местах неплотного соединения, а также через небольшие зазоры — 1...3 мм, прорезаемые между верхней и боковыми стенками дрена. Уклон деревянных дрена принимают от 0,001 до 0,05; скорость течения воды — от 0,2 до 1,5 м/с; длина осушительной дрена — не более 200...250 м; длина коллекторов — до 900...1000 м.

Деревянный дренаж изготовляют также и из круглых бревен диаметром 12...16 см. На пилофрезерном станке бревна раскалывают на две половины с выборкой желоба диаметром 5...8 см. Затем их скрепляют проволокой или гвоздями с оставлением зазора до 2...3 мм. Дренаж из круглых бревен применяют исключительно в качестве осушительных дрена.

Щели в дощатом и бревенчатом дренажах при осушении торфяных болот покрывают слоем мха 8...12 см, затем дерном растительностью вниз. При отсутствии на месте строительства дернины используют слаборазложившийся торф.

§ 103. Фашинный дренаж

Фашинный дренаж делают из свежесрубленного хвороста ивовых пород, ольхи, березы. Толщина отдельных хворостин должна быть 2...5 см в комлевой части. Из хвороста постепенным наращиванием вяжут хворостяные канаты диаметром 15...30 см, длиной 100...150 м. Фашины связывают через 50...75 см двойными ивовыми витками или проволокой. Фашины укладывают на дно траншеи по 1, 2, 3 или по 4 на козлах или перекладинах. Сверху фашины прикрывают слоем хвороста, мхом или дерном и засыпают вынутым из траншеи грунтом. Уклон фашинного дренажа должен быть не менее 0,003, длина осушительной дрена — 100...150 м. Фашинный дренаж применяют только в качестве осушительных дрена на торфяных и минеральных заболоченных почвах.

К достоинствам такого дренажа относится простота устройства, дешевизна при наличии местного материала (хвороста). Фашинный дренаж не боится осадки почвы, поэтому его целесообразно применять на торфяных почвах, дающих большую осадку после осушения.

К недостаткам фашинного дренажа относятся малая пропускная способность, требование больших уклонов (не менее 0,003...0,005). На площадях с малым уклоном его не применяют. Фашинный дренаж недолговечен, срок его службы на минеральных почвах 10...15 лет, на торфяных — 15...20. При переменном смачивании и высыхании срок службы такого дренажа не превышает 5...7 лет. Фашинные осушительные дрена обычно выводят в открытые каналы, поэтому устье фашинной дрена закрепляют деревянной трубой длиной 1,5...2 м, квадратного или круглого сечения.

Жердяной дренаж изготовляют из любых древесных пород. Жерди диаметром 5...8 см укладывают на дно траншеи связанными

ми в пучки диаметром 20...30 см или слоями с поперечной кладкой через 1...1,2 м. Верхний слой жердей закрывают хворостом, мхом, засыпают почвогрунтом. Жердяной дренаж применяют только в качестве осушительных дрен; длина дрены 100...150 м. Дрены обычно выводят непосредственно в открытый канал; уклон дрен 0,003...0,005. Жердяной дренаж рекомендуется применять на торфяных почвах, где срок его службы достигает 20 лет. Глубина заложения дрен 1,1...1,2 м.

§ 104. Каменный дренаж

В районах, где имеется много дешевого камня, его используют для устройства осушительных дрен. Камень укладывают на дно траншеи в виде трубы из плитчатого камня либо в виде неплотной кладки (без раствора) высотой 20...40 см. Уложенный камень с боков и сверху обкладывают фильтрующим материалом, и сверху засыпают вынутым грунтом. Уклон осушительных дрен должен быть не менее 0,005. Недостаток каменного дренажа заключается в его малой пропускной способности и разрушении при просадке торфа, которая происходит под действием большой массы каменного дренажа. Поэтому каменный дренаж применяют в редких случаях и только на плотных минеральных грунтах при дренировании ключей, родников и др.

§ 105. Пластмассовый дренаж

В настоящее время пластмассовый дренаж получает широкое распространение при осушении болотных и избыточно увлажненных почв в Литовской ССР, Латвийской ССР, Эстонской ССР, в Белорусской ССР, в Нечерноземной зоне (Московская, Рязанская, Костромская, Калининская и другие области). Пластмассовый дренаж изготовляют из поливинилхлорида (ПВХ) или полиэтилена (ПЭ). Длина дренажной трубы 3...6 м, диаметр 4 см, толщина стенок 0,8 мм, масса 0,14 кг. На одном конце трубы делают коническое расширение для стыковки отдельных звеньев. Пластмассовые дренажные трубы укладывают в траншею и засыпают вынутым почвогрунтом. Водоприемные отверстия выполнены в виде щелей длиной 25...30 мм и шириной 0,4...0,6 мм. Щели равномерно расположены по контуру трубы. Пластмассовые трубы изготовляют в виде отрезков длиной 6 м или в виде полиэтиленовой ленты, намотанной на катушку (в бухтах); общая длина ленты 200...400 м. Лента бывает гладкой или гофрированной с водоприемными отверстиями. Полиэтиленовые трубы применяют как для осушительных дрен диаметром до 75 мм, так и для коллекторов диаметром 75...100 мм. Трубы для коллекторов изготовляют без перфорации. Пластмассовые трубы выпускают с наружным диаметром 50, 63, 75, 90, 110 и 125 мм.

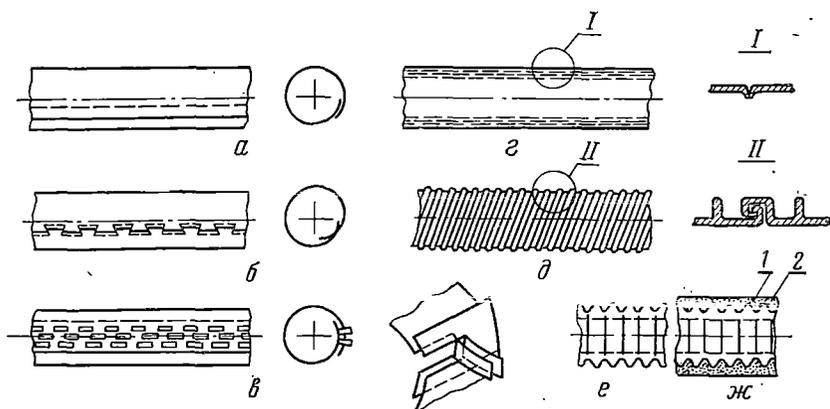


Рис. 74. Пластмассовые дренажные трубы:

пленочные (а — с упругоподжатым швом; б — со швом «молния»; в — со швом-перфорацией; г — гладкостенные перфорированные; д — спиральновитые из профилированной ленты); гофрированные (е — без защиты; ж — защищенные от заиливания; 1 — оплетка; 2 — фильтрующий материал).

Ввиду легкости пластмассовый дренаж обычно укладывают в торфяные и минеральные почвы без стеллажей, которые иногда делают при закладке гончарного дренажа.

Трубы из ленты формируются дренажным трубоукладчиком. Соединения кромок ленты бывают упругоподжатые, со швом-перфорацией, с застежкой «молния» и др. (рис. 74).

Полиэтиленовые трубы в бухтах удобнее укладывать, чем трубы в хлыстах длиной 3...6 м. Полиэтиленовые трубы легки и транспортабельны, процесс укладки таких труб легче поддается механизации. Трубы в бухтах широко применяют при бестраншейном способе укладки дренажа. К недостаткам полиэтиленового дренажа относятся: относительно высокая стоимость материала (труб или ленты), дефицитность, хрупкость труб из поливинилхлорида при низких температурах и их склонность к химическому заиливанию. Повышенная стоимость полиэтиленовых труб на дренажных системах компенсируется снижением стоимости укладки их. Эксплуатация пластмассового дренажа значительно проще и дешевле гончарного.

На торфях и тяжелых глинистых почвах на пашне и пастбищах дренаж закладывают на глубину 0,9...1,1 м, на лугах — 0,8...1,0 м.

Расстояния между осушительными дренами назначают в зависимости от водно-физических свойств почв осушенной территории.

В таблице 35 приведены расстояния между осушительными дренами для центральных районов Нечерноземной и Центрально-черноземной зон.

В таблице 36 приведены расстояния между осушительными дренами при глубине дренажа 1 м для условий Белоруссии, а так-

Таблица 35. Расстояния между осушительными дренами, м

Почвогрунт	Угодья, возделываемые культуры			
	пастбища	луга	полевые зерновые	овощные и технические
Торф, тяжелые глинистые и суглинистые	10...15	12...18	10...15	10...12
Средние грунты, 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

Таблица 36. Расстояния между осушительными дренами для БССР, м (Ф. В. Игнатенко)

Почвогрунты	Содержание частиц менее 0,01 мм	Полевые, овощные, прифермские севообороты и пастбища	Лугопастбищные севообороты и луга длительного пользования
Глина тяжелая	Более 80	9...11	14...16
Глина средняя	80...65	11...13	16...18
Глина легкая	40...50	14...16	18...20
Суглинок тяжелый	50...40	14...16	20...24
Суглинок средний	40...30	16...20	24...28
Суглинок легкий	30...20	20...25	28...35
Супесь	20...10	25...30	35...40
Песок	Менее 10	30...50	40...60
Торф без древесных и тростниковых включений при разложении:			
более 50%	—		
менее 50%	—	25...30	30...35
Торф с древесными и тростниковыми включениями при разложении:			
более 50%	—	25...30	30...35
менее 50%	—	30...35	35...40

же для северо-западных областей Нечерноземной зоны РСФСР и Прибалтийских республик.

Осушительные дренаи впадают в коллектор длиной не более 600 м и только при больших уклонах до 1000 м. Оптимальным уклоном для коллекторов считается 0,008...0,015, наименьшим — 0,002...0,003.

§ 106. Гидравлический расчет дренажа

Диаметр дренажных труб определяют гидравлическим расчетом. Чем меньше диаметр дрены и меньшее наполнение водой, тем меньше гидравлический радиус живого сечения дрены R . При малых значениях R необходимо иметь большой продольный уклон дрена, чтобы сохранить достаточную скорость течения воды, не допускающую заиливание дренажа.

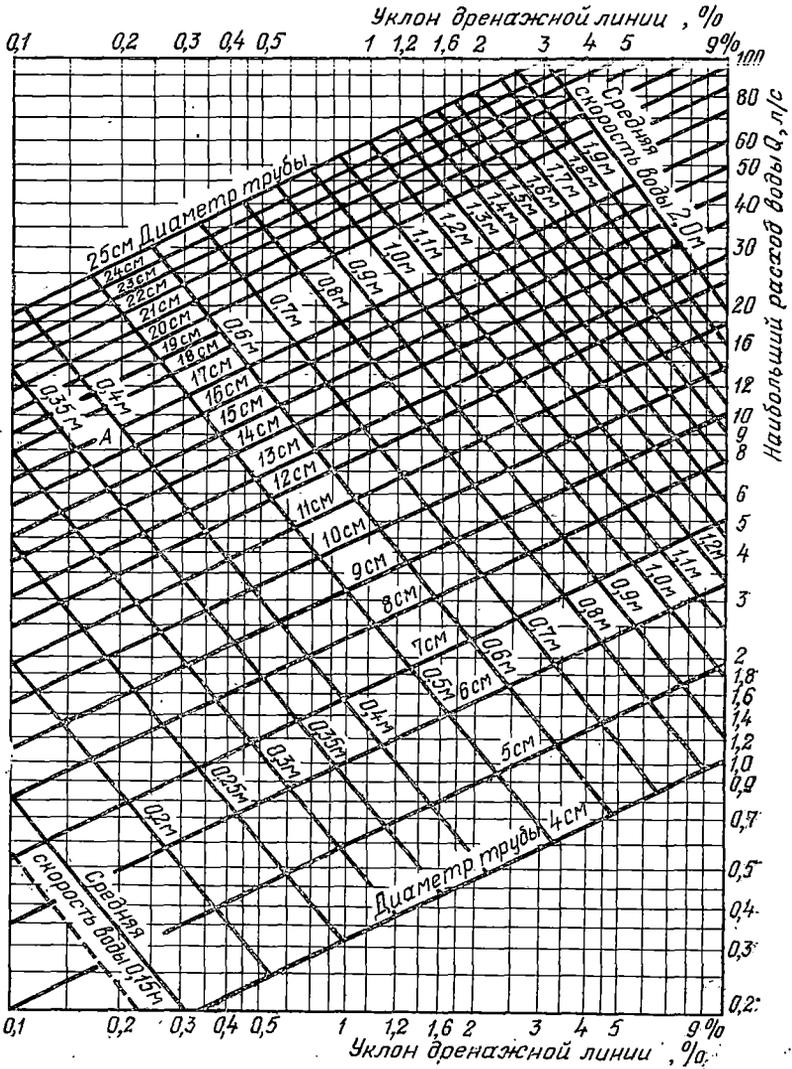


Рис. 75. График для гидравлического расчета дренажа.

Дренажные осушительные трубы не рассчитывают, так как площадь осушения каждой дренажной трубой невелика. Их размер принимают с некоторым запасом, так как при работе дренажные трубы бывают заполнены водой не более чем наполовину, а наибольшая пропускная способность их наблюдается при наполнении $0,95d$.

При выборе диаметра дренажных труб исходят из того, что их работа происходит при сплошном заполнении поперечного сечения водой при безнапорном ее движении.

Гидравлический расчет проводят только коллекторов. Диаметр труб (коллекторов) и скорость течения определяют по графику Шпеттле (рис. 75). Зная расход Q и уклон i , находят точку пересечения Q и i , по которой определяют диаметр коллектора, интерполируя значение d между наклонными линиями, идущими слева направо вверх, и скоростью течения воды v по наклонным линиям, идущим слева направо вниз.

Расход воды (л/с), поступающий в коллектор Q , подсчитывают по формуле

$$Q = Fq_{др}$$

где F — площадь осушения (водосбора), обслуживаемая коллектором, га. Ее определяют по плану осушаемой территории; $q_{др}$ — модуль дренажного стока, л/(с·га), который ориентировочно для очень тяжелых почв можно принять равным 0,3...0,4, для тяжелых — 0,4...0,5, для средних — 0,5...0,6 и для легких — 0,6...0,7 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.

§ 107. Строительство дренажа

В зависимости от типа применяемых машин при строительстве осушительной сети закрытый горизонтальный дренаж бывает трех видов: траншейный, узкотраншейный и бестраншейный.

В настоящее время основным способом строительства закрытого дренажа является траншейный. Землеройными машинами отрывается траншея шириной 0,5 м с предусмотренной проектом глубиной. На дно траншеи трубоукладчиком или вручную укладывают дренажные трубы (гончарные или полиэтиленовые). При укладке гончарных труб соблюдают такие требования: зазоры в стыках не должны превышать 2 мм, но при наличии надежной защиты дренажа от заиливания зазоры могут быть и больше; поперечный сдвиг труб допускается не более чем на $\frac{1}{3}$ толщины их стенки. Стыки гончарных труб обкладывают фильтрующим материалом, мхом, гравием, шлаком, торфом, стеклотканью или пресованным стекловолокном и засыпают вынутым грунтом.

Траншейный способ строительства дренажа наиболее трудоемкий, но зато качество его высокое, так как можно контролировать укладку дрен и вручную исправлять дефекты. Траншейный способ применим при любых условиях, в любых почвогрунтах и даже в грунтах с каменными включениями.

В настоящее время начинает широко внедряться узкотраншейный способ строительства дренажа. Дренажную непрерывную пластмассовую трубу укладывают в узкую траншею одновременно с ее открытием. Объем земляных работ при этом значительно снижается, процесс укладки дренажных труб в большей степени механизмуется; и соответственно производительность труда повышается.

Полная механизация процесса укладки дренажных труб достигается при бестраншейном способе строительства дренажа без выемки грунта и обратной засыпки. Бестраншейный дреоукладчик отрывает узкую щель и на дно ее укладывает гибкие пластмассовые перфорированные дренажные трубы с внутренним диаметром

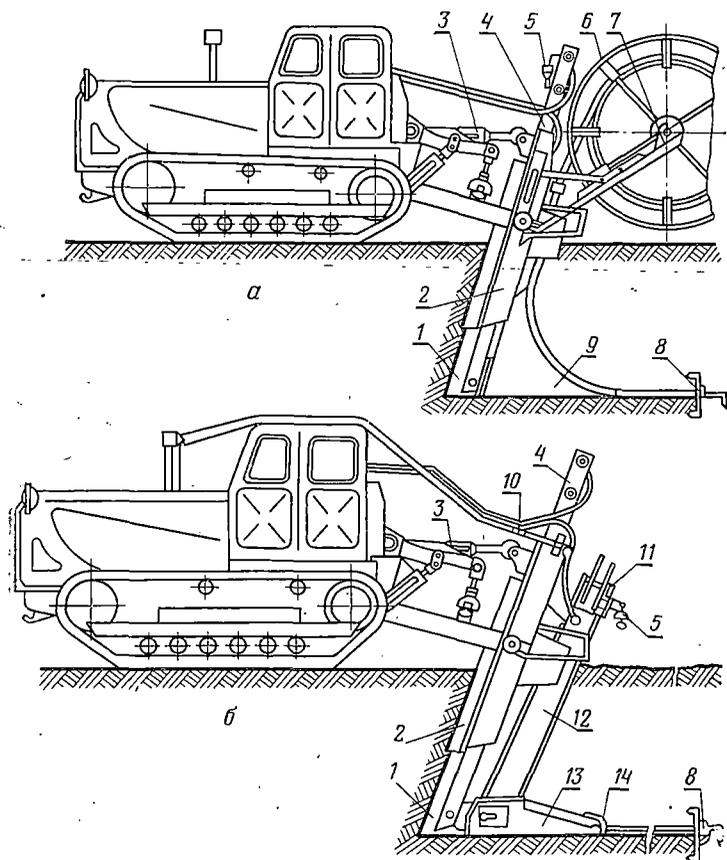


Рис. 76. Бестраншейный дреоукладчик ДПБН-1,8 для укладки экструдированных пластмассовых труб (а) и труб из винилпластовой ленты (б):

1, 2 — внутренний и наружный ножи; 3 — центральная тяга; 4 — гидроцилиндр; 5 — уклондатчик; 6 — барабан; 7 — рама барабана; 8 — якорное устройство; 9 — спусковой кожух; 10 — система подогрева; 11 — катушки; 12 — кожух спусковой плоский; 13 — трубоформирователь; 14 — обжим-рыхлитель.

40...50 мм. Все работы при этом способе строительства дренажа представляют единый технологический процесс.

При бестраншейном способе укладки дренажных труб повышается производительность труда и появляется возможность работать в различных, в том числе и в оплывающих, почвогрунтах.

При бестраншейном способе требуется полная механизация всех элементов технологии строительства дренажа, достаточная точность работ по выдерживанию проектного уклона дрен, высокая надежность в работе механизмов дреноукладчика, так как совершенно исключается возможность контроля за качеством работ и своевременного исправления дефектов.

Из бестраншейных дреноукладчиков, применяемых на заболоченных почвах, наиболее распространен ДПБН-1,8, который закладывает дрены на глубину до 1,8 м. Дреноукладчик ДПБН-1,8 навешивается на трактор Т-100МБГС, оборудованный ходоуменьшителем. Дреноукладчик оборудован автоматической гидравлической системой регулирования заданного уклона дрен. Дреноукладчик может укладывать экструдированные гибкие пластмассовые трубы и формировать дренажные трубы из упругой пластмассовой ленты (рис. 76). При укладке готовых труб на раме дреноукладчика устанавливают барабан с экструдированными трубами общей длиной 200...300 м и диаметром 40...50 мм: При укладке дрен из пластмассовой ленты последняя находится в катушке (кассета), установленной в верхней части дреноукладчика.

В почвогрунтах с наличием большого количества камней, крупных корней деревьев бестраншейный дренаж не применяют.

§ 108. Сооружения на дренажной сети

К сооружениям на дренажной сети, необходимым для обеспечения бесперебойной работы дренажа, относятся: устья коллекторов, смотровые колодцы, отстойники, перепады и регуляторы уровня грунтовых вод. Они изготовлены из дерева, камня, кирпича, бетона.

Устья коллекторов и дрен, то есть выходы их в водоприемник, канал или реку,— важнейшие сооружения на дренажной сети, от них зависит ритмичная работа всей дренажной системы (рис. 77). Устья коллекторов должны содержаться в хорошем эксплуатационном состоянии, так как любая неисправность устья коллектора немедленно отразится на всей дренажной системе. Устье дрен (коллекторов) является местом связи его с поверхностью земли и наиболее подвержено воздействию различных неблагоприятных внешних условий.

Устья коллекторов подвергаются влиянию таких факторов, как высокие уровни воды в канале, образование льда, замерзание и оттаивание грунта, обвалы и оползания откосов канала (водоприемника), наносы, повреждения людьми, животными и др. Поэтому число устьев на дренажной системе должно быть минимальным, а конструкция их — надежной и прочной.

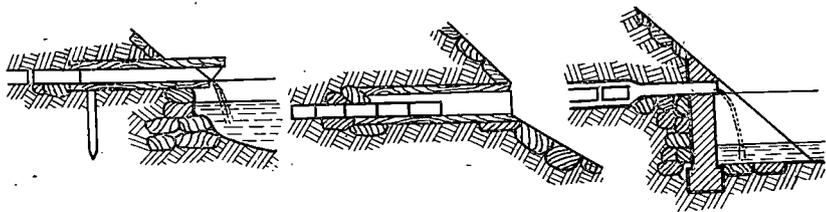


Рис. 77. Устье коллекторов дренажа.

При устройстве устьев дренажа выбирают места, не подтоп-ляемые водоприемником и защищенные от обвалов и обрушений берегов, заносов и засорений. Если устье коллектора впадает в быстро текущий поток, то трубу устья нельзя направлять против течения потока. Дренажные трубы в месте устья не доводят до выхода на поверхность откоса водоприемника (канала) на 2...4 м, и последняя дренажная трубка берётся в бетонную или асбесто-цементную трубу. Место выхода трубы укрепляют каменной, кир-пичной кладкой на цементном растворе или бетонированием. Ниж-ний край трубы должен быть установлен на 10...15 см выше рас-четного уровня воды в канале в посевной период. Служба эк-сплуатаций осушительной системы тщательно следит за работой устьев коллекторов, перед весенним снеготаянием окалывает лед, своевременно устраняет заторы воды, неисправности и разруше-ния при пропуске весеннего паводка.

Смотровые колодцы устраивают для того, чтобы следить за работой дренажа и быстро обнаруживать места повреждений дрен. Их строят из бетона или кирпича. Колодцы устраивают во всех узлах дренажной системы, где сходится несколько коллекторов, в местах изменения направлений коллектора или дрены в верти-кальном или горизонтальном направлении. На прямолинейных участках дренажа смотровые колодцы размещают на расстоянии 100...400 м один от другого. Верх смотрового колодца или выводят на поверхность земли и закрывают крышкой, или делают под землей ниже обрабатываемого слоя почвы. Дно колодца должно быть на 30...45 см ниже выхода в него дренажных труб. На дне колодца оседают наносы (ил), которые периодически удаляют.

Смотровые колодцы могут служить и в качестве перепадов при пересечении дренажной местности с большими уклонами (рис. 78). Смотровые колодцы устраивают из кирпича, бетона квадратного поперечного сечения шириной 70...80 см или круглого (из бетонных колец) диаметром 70...80 см.

Шлюзы-регуляторы регулируют уровень грунтовых вод на дре-нажной системе в засушливые периоды года. Путем подпора воды с помощью кандор шлюза вызывается подъем грунтовых вод и тем самым создается водный режим почвы, благоприятный для произрастания сельскохозяйственных растений. Регулирующие со-оружения устраивают на коллекторах в виде колодцев-регуляторов

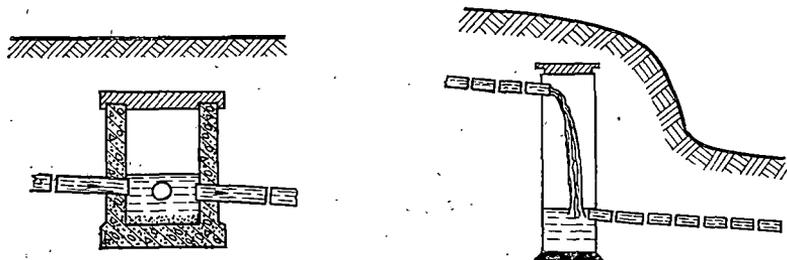


Рис. 78. Смотровые колодцы на дренажной системе.

в любой его части в зависимости от рельефа местности осушаемой территории. Часто шлюзы-регуляторы в виде шандорного затвора сооружают в устьях коллекторов; закрытием или открытием шандор обеспечивается регулирование грунтовых вод и нормы осушения.

§ 109. Кротовый и щелевой дренаж

Кротовый и щелевой дренаж применяют для осушения болотных и тяжелых глинистых избыточно увлажненных почв, чаще всего в сочетании с гончарным, полиэтиленовым дренажем или открытыми каналами. Его прокладывают специальными машинами так, что на нужной глубине от поверхности образуются подземные полости, напоминающие кротовые ходы, поэтому он и получил такое название.

Кротовый дренаж, применяемый на торфах и тяжелых глинистых почвах, способствует разрыхлению тяжелых почв и повышению их водопроницаемости, что приводит к снижению избыточной увлажненности дренированных слоев почвы. Кротовые дрены отводят излишнюю влагу во влажные периоды года, в засушливую пору дрены бывают пустыми. Летом в дневное время температура воздуха на поверхности почвы всегда бывает выше температуры слоя почвы, в котором проложены кротовые дрены. Под влиянием разности температур возникает движение воздуха в дренах, и чем она больше, тем сильнее циркуляция воздуха в дренах. Движение воздуха в дренах усиливает аэрацию верхних слоев почвы. Теплый атмосферный воздух приземного слоя почвы, содержащий много влаги, попадая в дрена, охлаждается, и часть водяных паров конденсируется и осаждается на стенках дрен. Влажность почвы в зоне кротового дренажа при этом повышается. Вследствие этого влажность почвы на кротованных землях во влажные периоды года бывает ниже, а в сухие периоды выше влажности слоев некротованных почв. На кротованных почвах урожаи сельскохозяйственных культур в первые годы бывают на 50...60% выше, чем на некротованных. Таким образом, кротовый дренаж является довольно хорошим регулятором водного и воздушного

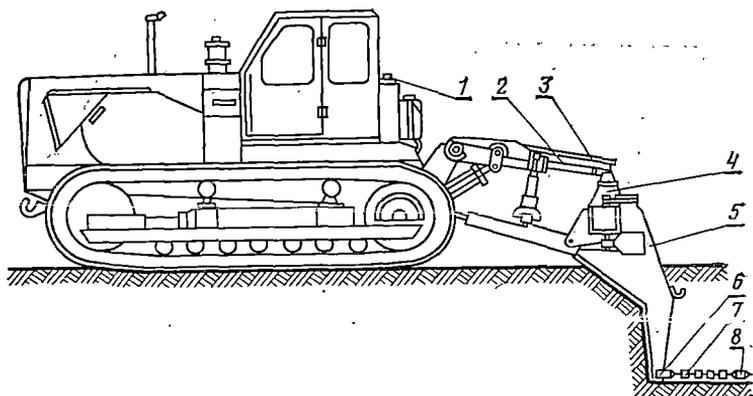


Рис. 79. Схема кротователя МД-6:

1 — трактор; 2 — гидроцилиндр поворота рабочего органа; 3 — указатель глубины; 4 — рама; 5 — нож; 6 — направляющий конус; 7 — гибкая связь (цепь); 8 — дреноер.

режимов торфяных и тяжелых по механическому составу почв. Действие кротовых дрен сохраняется в течение 3...4 лет.

Кротовый дренаж в настоящее время широко применяют на незаболоченных тяжелых почвах Нечерноземной зоны в целях улучшения их водного и воздушного режимов. Кротовый дренаж нарезают специальной кротовой дренажной машиной ДКГ-100, на которой установлен нож шириной 14...20 мм и толщиной 10...14 мм с заостренной передней стороной (рис. 79). Нож разрезает слой почвы на глубину заложения кротовой дрены, образуя вертикальную щель в почве. К нижнему концу ножа на тросе закреплен конический цилиндр-дреноер. Дреноер раздвигает почвогрунт, уплотняет его, и за счет этого уплотнения после прохода дреноера образуется круглое полое отверстие — кротовая дрена. Диаметр кротовых дрен на минеральных почвах 8...10 см, на торфяниках — 15...20 см. К дреноеру прикреплен расширитель, который увеличивает диаметр кротовых дрен на 1...2 см. Глубина нарезки дрен 40...70 см. С увеличением глубины дрены резко возрастает тяговое усилие трактора. Расстояние между дренами на минеральных почвах обычно равно 2...10 м, на торфах — 5...20 м. Длина кротовой дрены принимается в пределах 50...150 м.

На торфяных почвах стенки кротового дренажа обычно не закрепляют, на малоустойчивых проводят крепление стенок следующими приемами: при нарезке кротовых дрен в них вводят смесь хорошо разложившегося торфа с раствором FeSO_4 в количестве 2...8% от всего грунта, которая проникает в грунт по периметру дрены слоем до 2 см; закрепляют периметр кротовых дрен цементным раствором, который вытекает по трубке в дрину из бака, закрепленного на дренажной машине позади ножа. Дреноером и расширителем раствор равномерно распределяется по стенкам кротовой дрены.

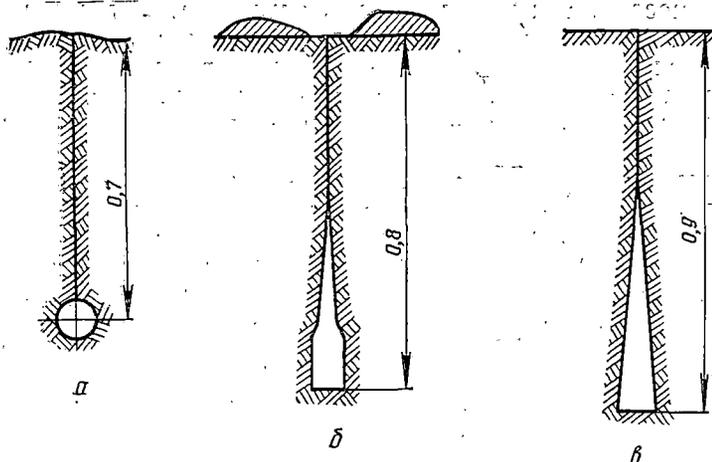


Рис. 80. Кротовые (а) и щелевые (б, в) дрены.

Устье кротовой дрены оканчивается гончарной трубой, которая падает в гончарную дренажную трубу или канал. В целях уменьшения возможности подтопления кротовых дренажей устье их должно быть выше расчетного уровня воды в канале. Желательно, чтобы подтопление дренажей было редким и кратковременным, так как подтопленные кротовые дренажи быстрее разрушаются, особенно в минеральных почвогрунтах.

На слаборазложившихся торфяных почвах с наличием корней и пней устройство кротового дренажа весьма затруднено; поэтому на таких участках щелевые дренажи нарезают дренажно-дисковой машиной. Дисковая фреза машины вырезает в слое торфа и в пнях, встречающихся по пути движения, дренаж треугольной формы глубиной до 0,9 м, шириной по дну 16 см и поверху 4 см (рис. 80). Верхняя часть дренажа засыпается и уплотняется с помощью узких катков, прикрепленных к задней части машины. Длина щелевых дренажей может достигать 200...300 м, а расстояние между дренажами в плотных торфяниках — 20...40 м. На торфах пониженной устойчивости и при сильном их переувлажнении расстояние между щелевыми дренажами 15...25 см. Устья дренажей при выходе в открытый канал закрепляются гончарными или асбестоцементными трубами. Срок действия щелевых дренажей 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 пароводяной влаги повышает влажность почвы.

§ 110. Осушение тяжелосуглинистых почв

Избыточно увлажненные глинистые почвогрунты с преобладанием атмосферного водного питания обладают очень низкой водо-

проницаемостью. Эти почвы относятся к малоструктурным почвам со слабым развитием гумусового слоя. Мощность глинистого неструктурного слоя бывает значительной, иногда достигает 2 м, поэтому этот слой является недоступным воздействию обычных мелиоративных методов — дренированию и подпочвенному рыхлению.

Глинистые почвы ниже пахотного слоя содержат очень мало влаги, наибольшее ее количество сосредоточено в самых верхних горизонтах. С глубиной влажность почвы уменьшается. Глинистые почвы характеризуются малым содержанием достаточно крупных пор, которые могут удерживать гравитационную воду. Разность между общим объемом пор и капиллярными порами в глинистых почвах не превышает 5...10%, поэтому в этих почвах содержится очень мало гравитационной воды.

Суглинистые почвы в Нечерноземной зоне нашей страны страдают от временного избыточного увлажнения весной, на Дальнем Востоке — в июле...августе. Для регулирования водного режима таких почв большое значение имеет введение правильных севооборотов с посевом многолетних трав, в результате чего почва постепенно приобретает комковатое строение в пределах не только пахотного слоя, но и глубже, водно-физические свойства почвы (водопроницаемость ее) повышаются.

К мелиоративным приемам, обеспечивающим благоприятное регулирование водного режима, относится следующее (А. Д. Брудастов): проведение мероприятий по ускорению поверхностного стока; осушение земель закрытыми собирателями; осушение кротовым дренажем.

Мероприятия по ускорению поверхностного стока включают следующее: вспашку и рядовой посев вдоль склона; посев культур по загонам шириной 20...40 м, размежеванных разъемными бороздами глубиной не менее 30 см для отвода поверхностных вод; устройство нагорных каналов по верхней границе осушаемой территории в случае больших водосборов. При небольших водосборных площадях нагорные каналы заменяют нагорными бороздами глубиной 30...40 см. Нагорные каналы выводят в ближайšie понижения, а нагорные борозды — в разъемные борозды; рыхление подпахотного слоя на глубину 40...50 см от поверхности, которое проводят вместе со вспашкой. Этот прием содействует аккумуляции влаги и повышению аэрации почвы.

Закрытые собиратели конструкции А. Д. Брудастова состоят из трубы, уложенной в траншею. На трубе устанавливают фильтр (чаще из хвороста), доходящий до подошвы пахотного слоя. Поверхностная вода или верховодка постукает в трубу почти исключительно через фильтр. Дренажная труба сверху по всей длине имеет достаточное число отверстий для приема воды из фильтра. Отверстия трубы закрывают фильтрующим материалом.

Закрытые собиратели закладывают на глубину 1,2...1,4 м на расстоянии 40...60 м один от другого. Они ускоряют отвод поверх-

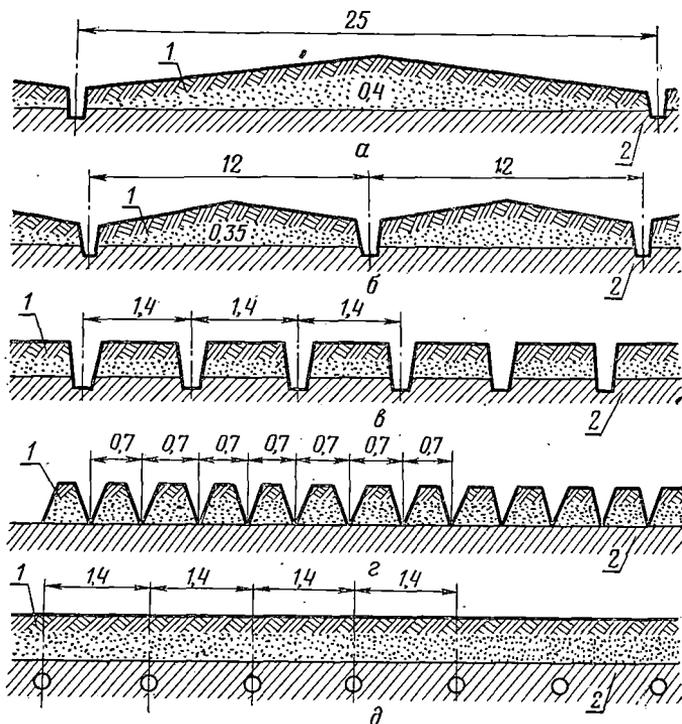


Рис. 81. Приемы регулирования водно-воздушного режима почв (по А. И. Климко и А. В. Снегиревой):
а — профилирование; *б* — узкозагонная вспашка; *в* — грядование; *г* — гребневание; *д* — кротование; 1 — пахотный слой; 2 — подпахотный слой. Размеры в м.

ностных вод и работают, как обычный дренаж. Недостатком закрытых собирателей является то, что механизация работ по их устройству затруднена и сооружают их ручным способом.

Стоимость строительства закрытых собирателей с фильтрующими засыпками из гравия и керамзита в условиях Московской области в 1,5...3 раза выше стоимости осушения закрытым гончарным дренажем (В. Я. Черненко).

Для осушения тяжелых глинистых почв эффективно применение систематического гончарного дренажа с глубиной закладки 1,1...1,3 м и расстоянием между дренами 15...30 м в сочетании с кротовым дренажем или глубоким рыхлением. Кротовый дренаж закладывают поперек систематического дренажа на глубину 0,5...0,6 м с расстоянием между дренами 1...1,5 м. При этом кротовый дренаж ускоряет отвод избыточной влаги из корнеобитаемого слоя почвы, улучшает условия аэрации почвы, аккумулирует излишнюю воду в подпахотных слоях, усиливает действие систематического дренажа.

Глубокое рыхление тяжелых глинистых почв в сочетании с систематическим дренажем дает лучшие результаты, чем дренаж с кротованием. Глубокое рыхление проводят поперек систематического дренажа специальными рыхлителями марки РУ.65.2,5 или РК-1,2 на глубину 0,7...0,8 м с расстоянием между щелями 75 см.

Для повышения плодородия слабокультуренных тяжелых глинистых и суглинистых осушенных почв Северо-Запада РСФСР СевНИИГиМ и Северо-Западным научно-исследовательским институтом сельского хозяйства разработан комплекс агромелиоративных приемов обработки почвы, предусматривающий создание условий для быстрого отвода избыточной влаги весной, улучшение теплового режима почвы и усиление развития аэробной микрофлоры. В настоящее время эти приемы внедряются в Ленинградской, Архангельской, Псковской, Новгородской и Калининградской областях, в Карельской АССР, Белорусской ССР, Латвийской ССР и в Литовской ССР.

Основные приемы по регулированию водного и воздушного режимов осушенных почв приведены на рисунке 81.

Комплекс мероприятий состоит из трех групп по способам регулирования водного режима почв. К первой группе относятся следующие приемы: планировка, выборочное бороздование, узкозагонная вспашка и профилирование поверхности поля.

Приемы первой группы способствуют быстрому отводу поверхностных вод, подсыханию почвы в предпосевной период, предохраняют посевы от вымокания в летний период, но они недостаточно регулируют воздушный режим почвы.

Ко второй группе относятся приемы обработки, ускоряющие сток воды, — это гребневая и грядовая вспашка, создание рифленной поверхности поля путем нарезки частых межгребневых и межгрядовых борозд. Приемы второй группы способствуют усилению стока воды по пахотному слою и созданию в нем дополнительных запасов продуктивной влаги.

Третья группа включает приемы обработки, способствующие отводу излишней воды по подпахотному слою: кротование, безотвальное рыхление подпахотного слоя и глубокую вспашку.

Названные приемы довольно хорошо регулируют водный, воздушный, тепловой и питательный режимы корнеобитаемого слоя почвы на землях, осушенных закрытым дренажем.

Кротование почвы в названном выше комплексе мероприятий отличается от обычного кротового дренажа. Его проводят на меньшую глубину — на 15...17 см ниже плужной подошвы, одновременно со вспашкой или отдельно. Кротование со вспашкой проводят кротователем Крот-9Б, который имеет вертикальный нож длиной 25 см, на нижнем конце которого приварен цилиндрический дрeнер диаметром 7 см. Кротователь крепится на второй корпус плуга ПН-4-35 или П-5-35. При вспашке нож кротователя разрезает подпахотный слой, а дрeнер образует кротовину. Кротование одновременно со вспашкой рекомендуется проводить на участках, осу-

шенных закрытым дренажем. Отдельно от вспашки кротование подпахотного слоя почвы проводят трехрядным кротователем КР-3, который навешивают на трактор. Кротовые дрены нарезают диаметром 7 см через 1...2 м на глубину 15...17 см ниже плужной подошвы. Кротователь КР-3 применяют на землях, осушенных закрытым дренажем и открытыми каналами.

Глубокое рыхление тяжелых почв в сочетании с кротованием улучшает аэрацию почв, снижает кислотность почвенного раствора (с 5,3 до 7,1), значительно повышает степень насыщенности гидроксидами (с 57 до 86%), увеличивает содержание доступного растениям фосфора. В пахотном слое с кротованием и рыхлением содержится больше целлюлозных нитрифицирующих бактерий.

Прибавка урожая на осушенных участках, где применяли комплекс агромериторативных приемов, достигает 29...50%.

§ 111. Дороги на осушенной территории

Дороги на осушенной территории прокладывают с таким расчетом, чтобы их общая протяженность была минимальной. На территории, осушенной открытыми каналами, дороги проводят вдоль крупных каналов по наиболее осушенным местам массива. На каждом участке между каналами устраивают дорогу. Трасса ее должна как можно реже пересекать открытые каналы, ширина дорог не менее 7...8 м, чтобы обеспечивать проезд современных сельскохозяйственных машин и агрегатов. На минеральных почвах полотно дороги насыпают из почвогрунтов, взятых из кавальеров каналов, а на торфяниках ввиду сильной осадки торфа дороги строят из насыпного минерального, лучше песчаного, грунта. Полотно крупных дорог укрепляют гравием, щебнем и др.

Глава 18. РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОСУШЕНИЯ

§ 112. Водоприемник

Водоприемником называют реки, озера, пруды, ручьи, естественные и искусственные водоемы, которые могут принимать воду с осушенной территории. В водоприемник обычно впадает магистральный канал, отводящий воду со всей осушенной площади. Водоприемник должен обладать достаточной пропускной способностью, чтобы при приеме воды с осушенной территории уровень воды в нем не создавал подпора в магистральном канале, а следовательно, и во всей осушительной сети. Подпор воды со стороны водоприемника снижает скорость движения воды в осушительной сети, что вызывает отложение наносов в каналах и уменьшает их пропускную способность.

Часто водоприемниками служат заболоченные реки, которые не могут своевременно принимать из магистрального канала воду,

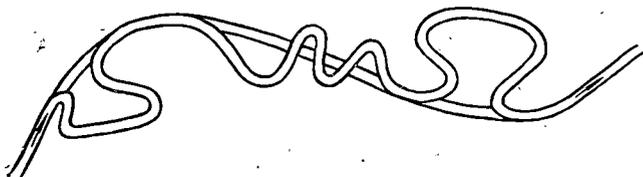


Рис. 82. Спрявление русла реки.

не создавая при этом подпора воды в канале. Эти реки нуждаются в улучшении гидрологического режима путем регулирования русла. При регулировании русел рек необходимо учитывать основной тип их заболочивания и водное питание. Классификация заболоченных рек и пойм с учетом особенностей их водного режима и водного питания дана Е. С. Марковым (1973). Согласно этой классификации, различают реки заболоченные, приуроченные к заболоченным поймам древнеозерного типа, и незаболоченные, характерные для заболоченных пониженно-равнинных пойм.

Реки заболоченных древнеозерных пойм сильно заторфованы, имеют малую пропускную способность вследствие зарастания, заилиения и заторфовывания. Поперечное сечение русла таких рек имеет недостаточные размеры, по длине русла наблюдаются перекаты, создающие подпор воды. Уровень воды в таких реках в летний период стоит близко к поверхности и подпирает грунтовые воды поймы. Такие реки не могут быть хорошим водоприемником. При регулировании рек-водоприемников устраняются причины, вызывающие нарушение их гидрологического режима, создаются условия для своевременного приема и отвода воды с осушаемой территории без подпора воды в осушительной сети.

Регулирование заболоченной реки обеспечивается следующими приемами: увеличением площади живого сечения реки; уменьшением шероховатости русла; увеличением уклона по длине реки и созданием равномерного режима движения воды в русле реки.

Увеличение площади живого сечения реки достигается углублением и расширением русла реки до таких размеров, при которых обеспечивается необходимое понижение уровня воды в реке и своевременный отвод паводковых вод; водоприемник должен полностью вмещать и летние паводковые расходы. Откосы и дно реки должны быть устойчивыми против размыва и оползания.

Уменьшение шероховатости русла реки достигается расчисткой его поперечного сечения от зарослей кустарников и травянистой растительности. Расчистка русла реки способствует повышению скорости течения воды и обеспечивает пропуск тех же расходов воды при меньшей глубине наполнения русла.

Дну реки при ее регулировании на всем протяжении надо придать равномерный уклон — от 0,002 до 0,0002, а руслу реки в плане — плавное криволинейное очертание. Увеличение уклона русла реки достигается спрямлением сильноизвилистых участков,

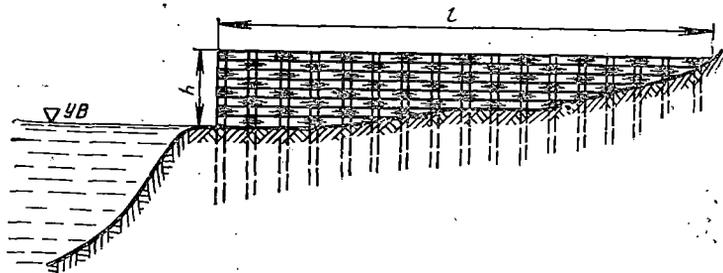


Рис. 83. Создание равномерного режима движения воды в реке.

исключением отдельных изгибов реки. За счет спрямлений русла река становится короче, уклон увеличивается, пропускная способность ее возрастает.

На рисунке 82 приведены способы спрямления русла реки путем исключения отдельных мелких или больших изгибов (серпантин). Спрямлением русла реки стремятся обычно не только сократить его длину, но и придать ему в плане вид плавно изогнутого канала примерно с одинаковым поперечным сечением. К увеличению уклона русла реки путем спрямления отдельных извилистых ее участков прибегают в исключительных случаях, когда другими приемами нельзя улучшить гидрологический режим реки, и только в зоне избыточного увлажнения, а также когда река почти полностью теряет русло в болотистом массиве. В других случаях в целях сохранения профиля равновесия реки ограничиваются расчисткой и углублением ее русла.

Река-водоприемник на всем протяжении должна иметь равномерный режим движения воды, что достигается устройством полузапруд или траверсов на широких местах русла.

На небольших заболоченных реках полузапруды устраивают из двухрядного плетня с заполнением пространства между ними почвогрунтом или дерниной, полузапруды могут быть и однорядными (рис. 83). Плетневые полузапруды прочно сопрягают с берегом реки. Их сооружают под углом $110...120^\circ$ по направлению течений реки. Длина полузапруд определяется шириной участков реки, требующих уменьшения ширины русла, а расстояния между полузапрудками берут в пределах 3...4 длин полузапруды. По высоте полузапруды делают примерно на отметке среднего летнего уровня воды в реке.

Скорость течения воды между полузапрудками уменьшается, усиливаются осаждение наносов и заиление этих мест.

§ 113. Борьба с подтоплением пойменных земель в зоне рек и водохранилищ

Подтопление сельскохозяйственных угодий на пойменных землях обусловлено высоким стоянием уровня воды в реке, поднимающегося в результате строительства плотины. При высоком стоянии

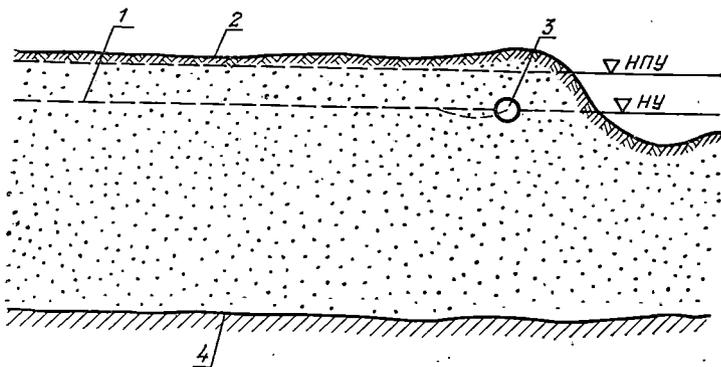


Рис. 84. Береговой дренаж:

1 — уровень грунтовых вод до подпора рекой; 2 — уровень грунтовых вод после подпора; 3 — береговая дрена; 4 — водоупор.

воды в реке уровень грунтовых вод в пойме поднимается вследствие подпора со стороны реки. Водный и воздушный режимы в корнеобитаемом слое почвы на подтопленных поймах неблагоприятны для растений; пойменные земли постепенно превращаются в избыточно увлажненные, их продуктивность в результате появления влаголюбивой растительности (осоки, хвощ и др.) снижается.

Для защиты поймы от подтопления со стороны реки и предотвращения заболачивания строят закрытый или открытый береговой дренаж вдоль реки на некотором расстоянии от берега. По принципу действия береговой дренаж мало отличается от ловчего. Различия их состоят в том, что ловчий дренаж служит исключительно для полного или частичного перехвата потока грунтовых вод, движущегося в пойму со стороны коренной террасы, а береговой — для перехвата фильтрующихся вод со стороны реки, водоема и др. Назначение берегового дренажа в связи с этим сводится к тому, чтобы перехватить фильтрующиеся воды из реки в пойму и снизить напор от реки до необходимого значения в целях предотвращения заболачивания поймы.

Береговой дренаж применяют в сельскохозяйственных целях при осушении пойм рек, когда гидротехническими сооружениями (плотины, шлюзы и др.) поддерживается высокий уровень в реке, затрудняющий сельскохозяйственное использование поймы, и в городском и промышленном строительстве, когда с осуществлением крупных гидротехнических сооружений многие постройки оказываются под угрозой подтопления грунтовыми водами.

Примером крупнейшего берегового дренажа в СССР является замоскворецкий, построенный в 1936...1937 гг. в связи со значительным повышением бытового уровня воды в р. Москве (рис. 84).

Наиболее эффективным способом борьбы с подтоплением пойм является береговой дренаж (закрытый или открытый), проложен-

ный вдоль берега водохранилища или реки и доходящий дном до отметок не ниже исходного уровня реки (до подтопления). Сброс воды из берегового канала должен происходить ниже места подпора (плотины). Зависимость понижения грунтовых вод с низовой стороны береговой дрены (со стороны поймы) от напора над дренажной и расстояния между рекой и дренажной выражается прямой линией, и ее уравнение имеет вид:

$$H = 90H_1/L,$$

где H — понижение поверхности грунтовых вод с низовой стороны береговой дрены, м; H_1 — разность между уровнем воды в реке и береговой дренажной, м; L — горизонтальное расстояние между береговой дренажной и рекой, м.

Действие береговой дрены сказывается тем сильнее, чем больше понижается уровень воды в ней и чем ближе она расположена к реке. С удалением береговой дрены от реки ее действие снижается.

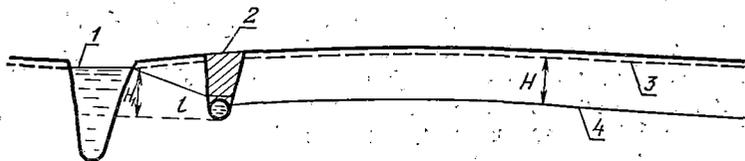
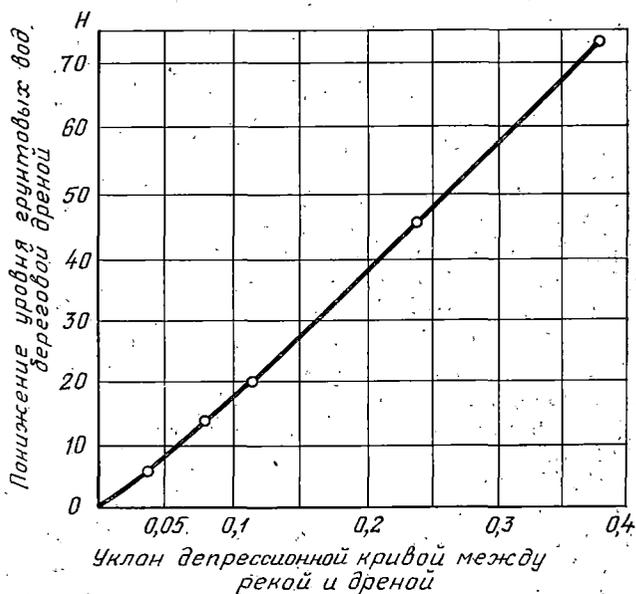


Рис. 85. Зависимость понижения уровня грунтовых вод береговой дренажной от ее глубины:

1 — река; 2 — береговая дренажная; 3 — уровень грунтовых вод до закладки береговой дрены; 4 — то же, при действии береговой дрены.

На рисунке 85 приведена зависимость понижения поверхности грунтовых вод береговой дрены (с низовой ее стороны) от уклонов депрессионной кривой на участке между рекой и береговой дренай, а также от понижения грунтовых вод дренай.

Если при высоком уровне воды в реке в пойму выклинивается еще сильный поток грунтовых вод со стороны коренной террасы, один береговой дренаж не обеспечивает осушение поймы. Поверхность этого потока можно понизить только с помощью ловчего дренажа (открытый или закрытый). Применение ловчего и берегового дренажа одновременно является наиболее эффективным средством для создания в пойме нормальных водного и воздушного режимов почвы.

§ 114. Обвалование рек

Весенние разливы рек являются благотворными для пойменных земель, так как при обильной весенней влагозарядке почвы в пойме осажается много ила, содержащего большое количество питательных веществ. Но летние паводки и разливы рек губительны для посевов трав, зерновых и других культур. Если разливы рек в летний период не удастся устранить проведением работ по регулированию русла рек, то проводят их обвалование. В нашей стране такой прием мелиорации рек применяют довольно широко. Так, р. Кура по обоим берегам обвалована на длине до 700 км, р. Амударья — на протяжении 800 км, частично обваловано и низовье р. Сырдарья.

Обвалование проводят путем возведения земляных дамб по обеим сторонам реки. Дамбы насыпают преимущественно по повышенным местам поймы. Гребень земляной дамбы должен быть на 1...2 м выше наивысшего паводкового уровня воды. В устьях каналов, рек, ручьев, впадающих в реку, в местах прохождения через дамбу устраивают шлюзы или же эти притоки также обваловывают, если дамбы защищают от затопления весенними и летними паводками. Такие дамбы называют незатопляемыми. Когда допустимо весеннее затопление пойменных земель и надо защитить земли только от затопления летними паводками, то сооружают затопляемые дамбы, через которые проходят весенние паводковые воды. В этом случае дамбы рассчитывают только на наибольшие расходы летних паводковых вод. На затопляемых дамбах устраивают водосливные участки, и вода от реки в пойму проходит только по этим водосливам. Гребень дамбы и откосы на водосливных участках закрепляют камнем или бетоном. Эти участки расположены на 30...60 см ниже гребня дамб. Поперечное сечение дамб делают в виде простой или сложной трапеции (рис. 86). Ширина гребня затопляемой дамбы не менее 2...3 м, а незатопляемой — 4...6 м. Заложение откосов дамб берут в зависимости от высоты дамб и характера грунта, из которого их возводят. Чаще всего коэффициенты заложения откосов дамбы со

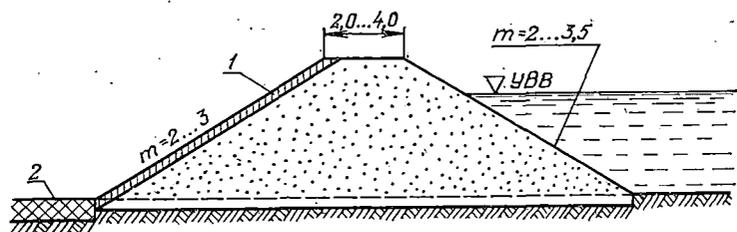


Рис. 86. Поперечное сечение дамбы при обваловании реки:
1 — дерн; 2 — растительный слой.

стороны реки принимают 2...3,5, 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 для насыпки дамбы достаточно водоупорный (глина, суглинок, лёсс), то дамбу сооружают без замка. Если грунт водопроницаемый и рыхлый (песчаный, торф), то мокрый откос дамбы делают более пологим (1:5, 1:6) и сверху покрывают глинистым слоем 0,8...1 м (экраном) с тщательным уплотнением. Но и при обвалованной реке часть воды из реки будет просачиваться в пойму, и особенно в период высокого уровня воды в ней. При этом возможно подтопление отдельных участков поймы. В таких случаях при использовании поймы под сельскохозяйственные культуры строят дополнительную осушительную сеть в пойме.

При подтоплении поймы сооружают береговой дренаж с отводом воды в реку ниже обвалования или с перекачкой насосами воды из береговой дрены через дамбу в реку.

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.

В ряде стран (Великобритания, Нидерланды, Дания) обвалование широко применяют от затопления пологих морских берегов, которые заливаются морскими приливами. При обваловании море как бы оттесняется, и на защищенных пологих берегах организуют участки (польдеры), на которых возделывают сельскохозяйственные культуры. Эти участки, обычно покрытые мощным слоем плодородного ила, после осушения дают значительную осадку. Уровень поверхности польдеров бывает на 1,5...2 м ниже уровня моря.

§ 115. Кольматаж

В пониженных местах поймы в период затопления весенними паводковыми водами при отсутствии течения воды происходит интенсивное отложение ила. Поверхность поймы в результате осаж-

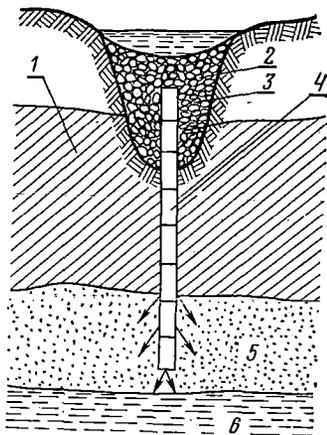


Рис. 87. Поглощающий колодец:

1 — глинистый слой; 2 — кирпич;
3 — гравий; 4 — дренажные трубы;
5 — песок; 6 — грунтовые воды.

дения ила постепенно повышается. Такое явление на поймах называется кольматажем. Кольматаж пойменных заболоченных земель может происходить естественным путем и при вмешательстве человека. Чтобы вызвать интенсивный процесс кольматации пойменных земель, в пойме устраивают мелкие отстойники в виде чеков, в которые пускается паводковая вода, содержащая большое количество илстых частиц. После отстаивания осветленная вода сбрасывается в реку. Кольматаж применяют в поймах, где речные воды несут большое количество наносов и где другие приемы мелиорации поймы по хозяйственным соображениям нецелесообразны.

Естественный кольматаж в нашей стране наблюдается на ряде речных пойм и особенно в дельтах рек. Так,

в плавнях р. Днестра ежегодно откладывается ил слоем 10...20 см.

Примером искусственного кольматажа являются земли Колхидского низменности Грузинской ССР, где в 1935...1937 гг. было осушено кольматажем более 3000 га земель.

§ 116. Осушение с помощью поглощающих колодцев

Мелкие водоемы, замкнутые западины, «блюдца», в которых застаивается талая и дождевая вода, медленно заиляются от осадения на дно илстых частиц из воды. Ложе этих водоемов становится водонепроницаемым. Осушение подобных водоемов осуществляют с помощью вертикальных поглощающих колодцев, отводящих воду из водоема в нижележащий водопроницаемый слой грунта (рис. 87). Для этого в низком месте дна водоема закладывают буровую скважину, которая прорезает водонепроницаемый верхний слой так, чтобы нижняя часть ее (забой) оканчивалась в хорошо водопроницаемом грунте, обычно в песчаном. Диаметр скважины 15...20 см, стенки ее крепят асбестоцементными или гончарными трубами. Верхний оголовок трубы должен оканчиваться фильтром: песком, мелким и крупным гравием. Вместо крупного гравия может быть использован щебень из кирпича. Если верхний водонепроницаемый слой небольшой мощности, то вместо поглощающего колодца-скважины устраивают колодещурф размер 1×1 м. Дно колодца должно касаться песчаного слоя. Для предохранения от заиления нижнюю треть колодца заполняют мелким гравием, а сверху колодец засыпают крупным гравием или кирпичной щебенкой.

§ 117. Осушение земель с машинным водоподъемом

Осушение земель с машинным водоподъемом применяют в тех случаях, когда территория расположена ниже уровня воды в водоприемнике. К таким землям относятся: низменности, прилегающие к морям, заливам, озерам, дельтам рек, впадающих в моря, польдеры и другие участки пойм рек, находящиеся в подпоре со стороны реки-водоприемника. С этих земель вода отводится самотеком в водоприемник, а затем с помощью машинного водоподъема ее перекачивают из осушительной сети в реку или канал, по которому далее вода отводится самотеком.

При осушении земель с машинным водоподъемом стремятся к тому, чтобы большее количество воды с осушаемой территории отводилось самотеком. Для этого низменности осушенной площади путем обвалования защищают от затопления водоприемником. От притока воды с прилегающих водосборов осушенные земли защищают нагорными каналами. Все водотоки, проходящие через осушаемую территорию, обычно обваловывают и сооружают самостоятельный спуск воды из них также самотеком непосредственно в водоприемник. Перечисленные мероприятия повышают капитальные затраты на мелиорацию данного массива, но уменьшают количество воды, которое нужно откачивать насосными станциями, а следовательно, снижают и расходы на эксплуатацию системы и сооружение водоподъемной станции.

Территорию осушают открытыми каналами или дренами. Глубина осушительной сети и расстояние между каналами и дренами зависят от свойств почвогрунта осушаемой территории и характера ее использования после осушения. Осушительные каналы должны иметь по возможности минимальный уклон (до 0,0005) в целях уменьшения высоты подъема воды при перекачке ее в водоприемник. При малых уклонах осушительной сети снижается скорость течения воды и пропускная способность каналов, а для увеличения пропускной способности каналов при малом уклоне увеличивают размеры (ширину каналов по дну), при этом возрастают объем и стоимость работ по устройству осушительной сети и ее эксплуатации.

Расходы воды в осушительной сети сильно меняются во времени и зависят от колебаний метеорологических и гидрологических факторов, поэтому работа насосной станции будет крайне неравномерной. В целях уменьшения неравномерности работы станции перед нею устраивают водосборный бассейн (резервуар) достаточной вместимости, в который впадает магистральный канал. Наличие такого резервуара

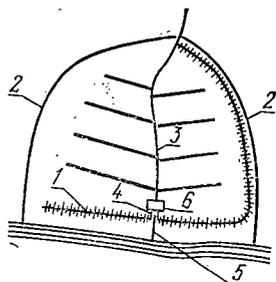


Рис. 88. Схема осушения с машинным водоподъемом:

- 1 — защитные валы; 2 — ограждающие каналы; 3 — магистральный канал; 4 — насосная станция; 5 — водовыпуск; 6 — водосборный бассейн.

позволяет использовать насосную станцию меньшей мощности, но при этом несколько возрастут затраты на устройство резервуара. При проектировании осушительной системы с машинным водоподъемом обычно сравнивают два варианта — с устройством водосборного резервуара и без него и принимают наиболее экономически эффективный.

На рисунке 88 приведена схема осушительной сети с машинным подъемом воды. Высота подъема воды насосными станциями при осушении обычно небольшая, поэтому насосные станции бывают низконапорными. Мощность насосной станции определяют по формуле

$$N = \gamma QH / 75 \eta,$$

где N — мощность насосной станции; γ — плотность воды, равная 1 т/м^3 ; Q — расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; H — полный манометрический напор насосной станции (м) (геодезическая высота подъема + потери напора в трубопроводе); η — КПД насосной установки, изменяющийся от 0,50 до 0,75.

Расход воды рассчитывают по суммарному модулю стока (поверхностные и фильтрационные воды, поступающие в паводки из реки).

По данным А. Н. Костякова, суммарный модуль стока при площади осушаемого участка до 1000 га колеблется от 1,3 до 1,8 л/(с·га). Расчетный расход Q равен произведению площади осушения на модуль стока осушаемой территории.

§ 118. Осушение вертикальным дренажем

Осушение заболоченных почв с помощью вертикального дренажа осуществляется путем откачки воды насосами из специальных колодцев или скважин, заложенных в водоносном слое. Воду отводят в ближайший водоприемник или используют, если она пригодна, на хозяйственные нужды, орошение или водоснабжение. При откачке воды из колодцев или скважин достигается значительное понижение уровня воды в них, и вследствие создания большого градиента напора в сторону колодца или скважины увеличивается приток воды к ним. Этим достигается значительное понижение грунтовых вод в зоне действия колодца или скважины.

При осушении с помощью вертикального дренажа (дренажные колодцы) достигается глубокое понижение грунтовых вод, возможность регулирования их уровня поддерживанием большей или меньшей глубины откачки воды из колодца. В засушливые периоды прекращением откачки воды добиваются повышения уровня грунтовых вод в зоне дренажных колодцев. Осушение вертикальным дренажем применяют при следующих условиях:

при однородном строении и достаточной мощности водоносного слоя, создающего заболачивание. При слоистом строении грунта различной водопроницаемости в целях ускорения процесса осуше-

ния необходимо, чтобы верхний и другие водоносные слои сооб-
щались с тем слоем почвогрунта, из которого откачивают воду;

при хорошей водопроницаемости водоносного слоя, при которой обеспечивается значительное боковое действие вертикального дренажа, при небольшой глубине откачки.

Дренажные вертикальные колодцы или скважины заглубляют чаще всего до подстилающего водоупора (совершенные колодцы). Если же колодец или скважина не доходят до водоупора, то расчет их проводят как несовершенного колодца. Нижний конец вертикального колодца или скважины оканчивается ответственной частью вертикального дренажа — фильтром, через который поступает грунтовая вода из водоносного горизонта в скважину.

Если расход колодца составляет Q ($\text{м}^3/\text{с}$), а диаметр — D , то действующая высота фильтра будет равна:

$$h = CQ/Dv,$$

где $C = 1 \dots 1,6$; v — скорость движения грунтовой воды, зависящая от крупности частиц водоносного слоя, по А. Н. Костякову равная:

$v = 0,002$ м/с,	если 60%	зерен песка имеют диаметр 1 мм;
$v = 0,001$ м/с	» 40%	» » » » 0,5 мм;
$v = 0,0005$ 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..40%, а в песчаных — более 40..60% мелких частиц песка водоносного слоя.

Глубина колодца или скважины должна соответствовать нужной глубине откачки воды, которая также связана с проектируемым насосным оборудованием. С увеличением глубины колодца его диаметр уменьшается, и диаметр самой нижней части колодца берут в зависимости от механического состава породы водоносного пласта. При малом диаметре колодца увеличивается сопротивление при входе воды в фильтр и ограничивается сфера влияния колодца, поэтому в хорошо водопроницаемых грунтах в целях обеспечения нужного дебита диаметр колодца должен быть большим. Расположение дренажных колодцев на осушенной площади может быть двух типов:

площадное, когда колодцы по площади размещены более или менее равномерно. Колодцы должны откачивать воду из какого-то бассейна грунтовых вод и понижать их уровень в пределах всей осушенной территории;

линейное, когда колодцы размещены в 1..2 ряда. Створ колодцев расположен при этом перпендикулярно к направлению потока грунтовых вод. Колодцы в этом случае должны перехватывать воду этого потока и не допускать ее попадания на защищаемую территорию.

При площадном размещении колодцы могут работать независимо один от другого, при линейном — все одновременно. Число колодцев равно:

в первом случае

$$N = F/\pi R^2,$$

во втором случае

$$N = L/2R,$$

где N — число колодцев; F — осушенная площадь, м²; R — радиус действия колодца, м; L — длина контура потока грунтовых вод на осушенную площадь, м.

При расчете дренажных колодцев сначала определяют объем воды V , который должен быть откачен из дренажного колодца насосной установкой с данной осушенной площади с учетом оптимальной нормы осушения и режима грунтовых вод в вегетационный период сельскохозяйственных культур. Затем устанавливают время T , в которое должен откачаться объем V из водоносного слоя. Откачку грунтовых вод проводят: с переменным расходом, по мере подъема грунтовых вод. При такой откачке насосы работают неравномерно. Уровень грунтовых вод в этом случае значительно колеблется; с постоянным расходом, но более продолжительное время.

Откачка воды с постоянным расходом более целесообразна, так как в период малого притока грунтовых вод вокруг колодца происходит более сильное их понижение, образуется как бы подземный резервуар, который в период большого притока заполняется грунтовой водой. При таком режиме работы в вегетационный период уровень грунтовых вод на осушенной территории регулируется равномернее; он не поднимается выше нужного предела в период усиленного притока воды.

Путем деления общего объема воды, подлежащего откачке, на продолжительность откачки T определяют необходимый объем откачки в единицу времени $V:T$.

Далее устанавливают наиболее выгодный дебит одного колодца Q с учетом, что с повышением Q увеличивается глубина откачки грунтовых вод h , а следовательно, становится дороже подъем 1 м³ воды, но с увеличением Q и h возрастают радиус действия колодца R и площадь осушения одним колодцем. В этом случае число колодцев будет меньше.

Необходимое число колодцев определяют по формуле

$$N = V/TQ \quad \text{или же} \quad N = F/\pi R^2,$$

где F — осушенная площадь; πR^2 — площадь осушения одним колодцем.

Пробными откачками устанавливают связь между дебитом колодца, глубиной откачки и радиусом действия колодца R . При отсутствии возможности проведения пробной откачки воды из колодца (скважины) связь между D , h и R можно установить по теоретическим формулам дебита колодцев.

Влияние колодцев при понижении уровня воды в них распространяется на 200...1000 м, в зависимости от водопроницаемости

водоносного слоя, глубины и дебита откачки. Расстояние между дренажными колодцами устанавливается с таким расчетом, чтобы создаваемые ими при откачке грунтовых вод поверхности депрессионных кривых пересекались на требуемой глубине от поверхности (норме осушения).

Удельный дебит дренажных колодцев в глинистых водоносных горизонтах колеблется от 3 до 4 л/с на 1 м откачки (понижения уровня); в галечниковых водоносных грунтах — от 30 до 40 л/с.

Эксплуатационные затраты вертикального дренажа выше, чем горизонтального.

Наиболее благоприятные условия для применения вертикального дренажа при осушении заболоченных земель имеются в Белорусском Полесье (А. И. Мурашко).

При проведении осушительных работ не надо забывать и о мероприятиях по охране окружающей среды, которые проводят в соответствии с действующим руководством по проектированию осушительных систем (ВТР-П-8—76).

§ 119. Эксплуатация осушительных систем

Чтобы осушительная система действовала многие годы, необходимо организовать постоянный надзор и уход за всеми ее элементами, своевременно устранять повреждения на каналах, дренаже, водоприемнике и др.

Осушительные системы сразу после устройства подвергаются воздействию природных факторов. К природным факторам относятся: биологические, климатические и гидрологические.

Воздействие биологических факторов заключается в зарастании каналов тростником, осоками, кустарником и другой влаголюбивой растительностью, а также в действии аэробных бактерий на интенсивность разложения торфа.

Климатические факторы (солнце, мороз) также сильно воздействуют на осушительную сеть. Откосы каналов при периодическом замерзании и оттаивании подвергаются постепенному обрушению или оползанию.

Действие гидрологических факторов заключается в том, что при движении по каналам и стекании по откосам вода вызывает оползание, размыв и обрушение откосов канала, разрушение устьев дренажных коллекторов и др. При очень малых скоростях движения воды в каналах происходит отложение наносов и заиление каналов.

В результате происходящей после осушения торфа осадки дно и откосы каналов деформируются, уменьшается глубина каналов, иногда изменяется продольный уклон их дна, образуются перекаты, что приводит к замедлению течения воды и заилению каналов.

Иногда при освоении осушенных земель допускается бесхозяйственное отношение к осушительной сети, на каналах устраивают

запруды для выпаса водоплавающей птицы, примитивные переходы и переезды там, где делать этого не следует, на откосах каналов пасут скот, что приводит к обрушению откосов, засорению русл, интенсивному их зарастанию и заилению. Все это способствует снижению осушительного действия каналов, подъему грунтовых вод и, наконец, вторичному заболачиванию. На системах, осушенных закрытым дренажем, часто наблюдается повреждение и заиление дрен и коллекторов, вращение корней растений в дрены и др.

Устья коллекторов подмываются, оседают, земля обрушается и засоряет выход в магистральный канал.

Для правильной эксплуатации осушительной системы необходимо своевременно проводить ремонт, устранять все неисправности.

По содержанию и объему работ ремонт осушительной сети подразделяют на текущий и капитальный.

К текущему ремонту относятся:

подготовка осушительных систем к пропуску половодий. Для этого своевременно удаляют завалы, искусственные перемычки, очищают каналы от мусора и наносов, вырубая кустарники, создающие подпоры и затрудняющие свободный ток воды по каналам. Перечисленные меры проводят вручную в осенний период; когда напряжение сельскохозяйственных работ в колхозе снижается. Наиболее трудоемкие земляные работы по возможности следует механизировать. Трубочатые переезды на каналах, которые за летний период заросли травой или заилились, очищают. При строительстве новых трубочатых переездов берут трубы такого диаметра, чтобы весной при пропуске паводка они смогли сбросить и пропустить расчетные расходы воды;

осмотр после пропуска паводка и подсыхания почвы каналов и сооружений на них, очистка каналов от наносов, мусора и отложений ила, а также труб в устьях коллекторов и на откосах каналов.

При деформации каналов, вызванной осадкой торфа, углубляют дно каналов, подсыпают их бермы, проводят ремонт дорог, мостов, мест переездов и переходов через осушительные каналы. Ремонтные работы на осушительной сети выполняют в весенний и летне-осенний периоды (май-октябрь);

обкашивание и удаление травянистой растительности вручную (июнь, июль).

Ремонтные работы на осушительной сети проводят согласно предварительно составленному плану с указанием сроков их выполнения, объема работ, а также затрат рабочей силы, материалов и денежных средств. План работ включают в производственно-финансовый план хозяйства или эксплуатационного управления осушительных систем.

Капитальный ремонт осушительной сети рекомендуется проводить 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 18...20 лет. Сроки капитального ремонта гончарного дренажа обычно составляют 30...50 лет и более.

Глава 19. ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

§ 120. Общие положения

Водный режим почвы, в том числе и уровни грунтовых вод, на осушенных землях в летний период зависит от метеорологических условий, и главным образом от соотношения осадков, температуры и влажности воздуха. В засушливые периоды грунтовые воды на осушенных землях быстро понижаются, иногда достигая 1...1,5 м от поверхности земли и более. Поэтому осушительные системы должны быть двустороннего действия: отводить воду во влажные периоды и поддерживать уровень грунтовых вод на нужной глубине в засушливые периоды вегетации, то есть поддерживать оптимальный водный режим корнеобитаемого слоя почвы.

Для дополнительного увлажнения осушенных земель при сильном снижении грунтовых вод в настоящее время применяют шлюзование осушительных каналов и дренажей и орошение осушенных земель.

§ 121. Шлюзование каналов и дренажей

В засушливые периоды вегетации, когда происходит быстрое снижение грунтовых вод на осушенной территории, возникает необходимость прекращения стока воды и дальнейшего снижения уровня грунтовых вод. Это достигается подпором воды в осушительной сети путем шлюзования.

Шлюзы располагают на осушительных каналах и в устье дренажных коллекторов. Их устраивают на открытых каналах со щитами, а на дренажной сети чаще с шандорами. При закрытии щитов или шандор шлюзов сток воды по каналам и дренажам прекращается, и начинается постепенный подъем уровня воды в них и постепенный подъем грунтовых вод на прилегающей осушенной территории. Депрессионная поверхность грунтовых вод между осушительными каналами постепенно приобретает вогнутую форму (рис. 89). Затем начинается подъем грунтовых вод на территории между каналами.

Увлажнение осушенных земель шлюзованием может быть эффективным на почвах с хорошей и средней водопроницаемостью и на сравнительно ровных с небольшими уклонами площадях, причем шлюзование коллекторов дренажных систем эф-

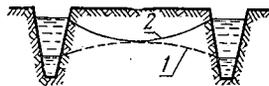


Рис. 89. Депрессионная поверхность грунтовых вод между осушительными каналами:

1 — до шлюзования; 2 — при шлюзовании.

фактивнее шлюзования открытой осушительной системы. Существенным недостатком шлюзования открытых каналов является и то, что при длительном подпоре воды в каналах (более 11...15 дней) травянистая растительность, закрепляющая откосы каналов, гибнет, устойчивость откосов снижается, и они начинают оползать. На почвах с низкой водопроницаемостью шлюзование осушительной сети бывает малоэффективным мероприятием.

§ 122. Орошение осушенных земель

В настоящее время довольно широкое применение получает орошение осушенных земель, которое обеспечивает более быстрое удовлетворение растений в воде в необходимых пределах в засушливые периоды.

Орошение осушенных земель проводят двумя способами: одно-разовым лиманным орошением и регулярным поверхностным орошением или дождеванием.

Лиманное орошение применяют на пойменных осушенных болотах, где возможно задержание вод весеннего половодья. Такое орошение наиболее доступно, просто по устройству, эксплуатации, поэтому оно может найти широкое применение для увеличения эффективности естественных кормовых угодий — лугов и пастбищ.

Лиманное орошение, кроме увлажнительного, оказывает еще и удобрительное, колюматизирующее и окислительное влияние на почву.

Ежегодное отложение ила из воды весенних паводков 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 урожай тимофеевки изменился в зависимости от расстояния от реки следующим образом: при 500 м — 74 ц/га, при 700 м — 58, при 1000 м — 36 ц/га.

Благодаря поглощению почвой большого количества минеральных веществ, бактерий, кислорода микробиологические процессы в почве развиваются более активно. Ход разложения торфа идет быстрее, увеличивается содержание в почве активного азота.

Б. С. Маслов и В. Я. Черненко рекомендуют схему многоярусного лимана на осушенных пойменных болотах, которая может обеспечить одноразовое весеннее увлажнение почвы. Валики таких лиманов сооружают из почвогрунта с пологими откосами с коэффициентами заложения 1:3...1:4 в целях обеспечения переезда механизмов 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 1,5...2 м. Срок затопления на таких лиманах при возделывании на них кормовых культур допускается до 15 дней.

На лиманах, сооруженных на осушенных участках, целесообразно возделывать многолетние травы. Лиманы довольно широко применяют в поймах для орошения лугов и пастбищ.

Лиманное орошение на осушенных землях имеет и недостатки: не всегда достигается равномерное увлажнение почвы; площадь затопления меняется по годам в зависимости от колебаний стока; обеспечивается только одноразовое весеннее увлажнение почвы; весеннее затопление каналов способствует их быстрому заилению и разрушению русл.

Отмеченные недостатки являются серьезным препятствием для широкого внедрения лиманного орошения на осушенных землях.

§ 123. Регулярное орошение сельскохозяйственных культур на осушенных землях

При регулярном орошении осушенных земель, кроме осушительной, сооружают и сеть оросительных каналов, по которым оросительная вода подается из источника орошения (река, пруды или озера) на осушенные земли.

А. Н. Костяков рекомендует применять оросительную систему для осушенных земель (рис. 90), которая должна иметь самостоятельный источник орошения, из которого вода подается в главный водопроводной канал, проходящий по более высоким отметкам местности по отношению к площади, предназначенной для орошения. От главного канала вода отводится по боковым распределительным каналам. Увлажнение осушенных земель в рассматриваемой оросительной системе возможно инфильтрацией, путем поддержания в оросительных каналах нужного уровня воды, а также напуском по полосам с регулированием при этом уровня воды в каналах с помощью шлюзов. Избыточная вода отводится осушительными каналами. При благоприятных топографических условиях источников орошения и водоприемников может быть одна и та же река (рис. 91). В этом случае вода из реки поступает по главному водопроводному каналу, из которого далее идет по сети боковых оросительных каналов. Из этих каналов вода

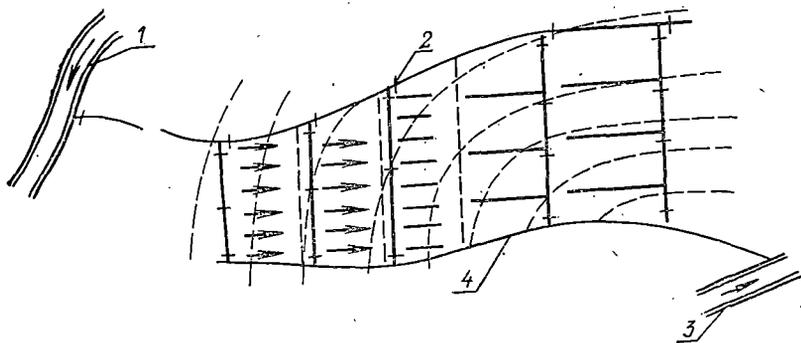


Рис. 90. Оросительная система на осушенных землях (по А. Н. Костякову):

1 — источник орошения; 2 — главный приводной канал; 3 — водоприемник; 4 — магистральный осушительный канал.

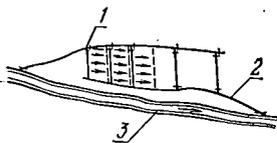


Рис. 91. Оросительная система на осушенных землях, когда водоисточником служит одна и та же река:

1 — главный водопроводный канал; 2 — магистральный оросительный канал; 3 — река.

поверхностным способом (напуском по полосам) подается на орошаемую территорию.

Оросительные проводящие каналы могут совмещаться с осушительными. В этом случае осушительная сеть выполняет и функции оросительной сети. Но чаще всего осушительная сеть и оросительная сеть на осушенных землях существуют самостоятельно (раздельно), особенно на землях, осушенных закрытым дренажем.

На приведенных выше оросительно-осушительных системах для увлажнения полей могут быть применены дождевальные машины и установки. При этом возможны следующие схемы орошения:

на равнинных участках при расположении проводящих оросительных каналов через 120 м один от другого и при их совмещении с осушительными каналами при продольном уклоне каналов не более 0,004 полив можно проводить двухконсольным дождевальным агрегатом (ДДА-100МА). Большинство пойменных осушенных болот по условиям рельефа вполне удовлетворяет требованиям применения высокопроизводительного агрегата ДДА-100МА;

на осушенных землях, когда проводящие оросительные каналы располагаются через 90...150 м или когда они совмещаются с осушительной сетью каналов, при тех же расстояниях между ними, для полива можно применять дальнеструйные дождевальные машины ДДН-70 и ДДН-100 с забором воды из каналов. В этом случае нужно поддерживать уровень воды в каналах в период полива глубиной 0,5...0,7 м для обеспечения бесперебойного забора воды дождевальными машинами.

Довольно простой и доступной системой дождевания является система с применением передвижных насосных станций и разборного трубопровода. Она не требует больших строительных затрат, обладает достаточной мобильностью и довольно значительной производительностью. Передвижную систему дождевания можно легко смонтировать на полях, организовать орошение и при необходимости можно быстро переместить на другие участки орошаемой территории. Такую систему орошения с забором воды из водоприемника удобно применять на землях, осушенных закрытым дренажем.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает разборный алюминиевый трубопровод диаметром 250 мм (РТ-250), по которому можно подавать расход воды до 80...100 л/с.

Положительный опыт увлажнения осушенных земель дождеванием с применением передвижных оросительных систем имеется в Нечерноземной и Черноземной зонах РСФСР, в Украинской ССР и Белорусской ССР.

§ 124.осушительно-увлажнительная система на базе вертикального дренажа

Осушительно-увлажнительную систему на базе вертикального дренажа наиболее целесообразно применять в условиях Белорусского Полесья на осушенных землях, отводимых под культурные сенокосы и пастбища (А. И. Мурашко). В зависимости от погодных условий вегетационного периода система должна работать в двух режимах — осушения и орошения.

Ранней весной перед началом полевых работ, в годы с влажным вегетационным периодом, в период уборки урожая и в дождливую осень система вертикального дренажа должна работать в режиме осушения. В эти периоды в работу включают все или часть скважин вертикального дренажа для понижения уровня грунтовых вод. Вода, откачиваемая из скважин, отводится в осушительную сеть (каналы) и транспортируется за пределы осушенной территории или идет на наполнение наливных водоемов (резервуаров). Эту воду можно использовать для орошения в засушливые периоды. Изменением режима интенсивности откачки грунтовых вод (норма осушения) поддерживается в оптимальных соотношениях для возделываемых на участке сельскохозяйственных культур.

В период интенсивной откачки воды вблизи скважин образуются довольно глубокие воронки депрессии поверхности грунтовых вод, однако через 2...6 ч после прекращения откачки они полностью исчезают, заполняются водой, притекающей с прилегающей территории.

В засушливые периоды вегетации при значительном снижении уровня грунтовых вод в результате испарения и транспираций растений ниже нормы осушения для данных культур система вертикального дренажа должна работать в режиме орошения.

В этом случае с помощью насосов грунтовые воды забираются из колодцев и по трубопроводам подаются к дождевальным машинам или установкам. В зависимости от принятого режима орошения вода из скважин может сначала аккумулироваться в регулирующих бассейнах или наливных водоемах, а затем подаваться на орошение. При заборе воды из скважин для орошения уровень грунтовых вод может еще сильнее понизиться, но при поливе дождеванием соответствующими, поливными нормами водный режим корнеобитаемого слоя будет поддерживаться в благоприятных соотношениях.

Глава 20. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ОСУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

Осушением болотных и избыточно увлажненных земель регулируется водный режим корнеобитаемого слоя почвы, но земли остаются неплодородными и некультурными, то есть неподго-

товленными для получения на них высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому осушение надо рассматривать как начало работ по мелиорации болотных земель. После осушения в целях превращения неплодородной почвы в культурное состояние проводят комплекс агротехнических мероприятий, включающий: срезку древесно-кустарниковой растительности, корчевку и удаление пней; очистку осушенной площади от камней; удаление кочек; планировку поверхности; первичную обработку поверхности почвы.

§ 125. Срезка древесно-кустарниковой растительности

При наличии на осушенном болоте крупных деревьев их удаляют обычными лесозаготовительными приемами, срезают крупные деревья и используют в качестве деловой древесины, нестройной лес идет на дрова. После этого кусторезами удаляют мелколесье и кустарник.

С наибольшей производительностью кусторезы работают зимой по промерзшему почвогрунту при мощности снежного покрова до 0,3 м. Срезанный кустарник и мелколесье тракторными граблями или уширенными корчевателями-собирающими сгребаются в кучи или валы, после просушивания его сжигают.

Если кустарник не превышает 2,5 м при наличии слоя почвы (гумусового слоя) не менее 25 см и на торфяниках кустарник можно запахивать кустарниково-болотными плугами.

Крупные пни диаметром до 40 см корчуют тракторными корчевателями-собирающими. Этими же машинами обычно собирают и свозят в кучи выкорчеванные пни или вывозят их за пределы осушенного участка. Запашка кустарника значительно дешевле срезки или его корчевки.

Через 2...3 года запаханная масса кустарника почти полностью разлагается, вследствие чего почва получает дополнительно от 45 до 80 т на 1 га органической массы. Это приводит к улучшению водно-физических свойств почвы и ее аэрации и повышению плодородия. Для создания лучших условий разложения запаханной массы кустарника основную массу его запахивают в пределах гумусового слоя почвы, заглубление в нижние подзолистые горизонты почвы допускается не более чем на 5 см.

До полного разложения запаханного кустарника, то есть в течение 2...3 лет, вместо вспашки проводят только дискование тяжелыми дисковыми боронами. Перед запашкой кустарника убирают крупные камни и оставшиеся негнившие пни.

В настоящее время на торфяных почвах, заросших кустарником и мелколесьем и засоренных погребенной древесиной, при наличии пней и кочек применяют фрезерование осушенных площадей. При фрезеровании поверхности осушенной площади происходит измельчение кустарниковой растительности и погребенной древесины и перемешивание ее с почвой на глубину до 40 см. Фрезерующий агрегат за один проход проводит весь комплекс работ по подго-

товке поверхности почвы к посеву сельскохозяйственных культур. Для фрезерования осушенных торфяных болот в настоящее время применяют прицепные фрезерные машины МПГ-1,7, МПГ-2,24 и МПГ-42; они агрегатируются с трактором Т-100МБГС. Агрегат можно применять на торфяных закустаренных и закорчаренных участках при глубине залегания грунтовых вод не менее 40...50 см. Агрегат успешно работает и в зимних условиях при глубине промерзания почвы до 10 см. При фрезеровании применяют также навесные на трактор Т-100МБГС фрезерные машины НФМ-1,7 и ФКН-1,7.

§ 126. Химический способ удаления древесной и кустарниковой растительности

Уничтожение древесно-кустарниковой растительности химическими средствами целесообразно применять на участках с небольшим перегнойным горизонтом почвы. Для этой цели используют арборициды типа 2,4-Д. Заросшие участки опрыскивают эмульсией или водными растворами и растворами различных солей и эфиров. Из арборицидов наиболее распространены бутиловый эфир 2,4-Д, аминные соли 2,4-Д и натриевая соль 2,4-Д, а также кротолиновый препарат. Арборициды при попадании на растения проникают внутрь листьев и побегов и, нарушая процессы обмена веществ, вызывают отмирание растений.

Дозы арборицидов, зависящие от вида, возраста и мощности развития кустарников и древесной поросли, обычно колеблются от 3 до 6 кг/га. Для опрыскивания древесно-кустарниковой растительности на больших площадях используют самолеты. Для сведения отдельных групп кустарника и древесной поросли используют тракторные опрыскиватели. Чтобы полностью уничтожить кустарники и древесную поросль, часто требуется 2...3 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 посередине, натянутую между двумя параллельно идущими на расстоянии 25...30 м тракторами. Сломанный древесной стребают тракторными граблями. Собранные в кучи древесные остатки сжигают на месте, после чего проводят первичную обработку почвы дисковыми или кустарниково-болотными плугами, разделяют пласт и участок засевают культурными растениями.

§ 127. Удаление камней с осушенной площади

В пределах северо-западных и западных областей Нечерноземной зоны страны значительные площади обрабатываемых земель засорены камнями. Нередки случаи, когда в пахотном слое почвы

и на ее поверхности на 1 га находится от 40 до 200 м³ камней диаметром от 15 до 40 см. Они создают большие трудности для работы сельскохозяйственных машин, затрудняют вспашку, посев, уход за культурами и уборку урожая. Работа сенокосилок и комбайнов при уборке зерновых культур на площадях, засоренных камнями диаметром 4...5 см, практически становится невозможной. Уборка и удаление с полей камней значительно облегчают работу машин, повышают их производительность и урожай сельскохозяйственных культур.

Камни, засоряющие поля, подразделяют на две категории: крупные — диаметром более 0,5 м, которые залегают в подпахотном слое и выступают на поверхность, и мелкие — диаметром менее 0,5 м, лежащие на поверхности, которые при каждой обработке почвы перемещаются. Камни большого размера (массой до 5...8 т) выкорчевывают из почвы корчевателями-погрузчиками и вывозят за пределы мелиорируемого участка. На большие расстояния камни вывозят на тракторных прицепах-самосвалах, на близкие (до 1 км) — на прицепных лыжах-самосвалах или на стальных листах.

Небольшие поверхностные камни — диаметром от 10 до 50 см собирают камнеуборочной машиной.

§ 128. Удаление кочек

Сильная закорочка осушенной площади мешает успешному ее освоению, затрудняет вспашку и последующую обработку почвы.

Образование кочек связано с многочисленными факторами. На низинных болотах много кочек растительного происхождения. В образовании осоковых и злаковых кочек участвуют луговик дернистый, бесколенник и др. Такие растительные кочки образуются из плотно сплетенных крепких эластичных корневищ, трудно поддающихся разработке даже режущими механизмами.

На верховых и переходных болотах часто встречаются пушицевые кочки. Довольно много на таких болотах моховых кочек, которые при разрастании образуют моховые гряды или бугры значительных размеров. Вокруг валунов, пней и стволов живых деревьев также образуются кочки.

При бессистемной пастьбе скота образуются кочки при вытаптывании скотом глубоких тропинок. Бывают также земляные рыхлые кроторойные и муравейниковые кочки.

Земляные и небольшие растительные кочки легко разделяются тяжелыми дисковыми боронами, а также болотными навесными фрезами с последующим прикатыванием. Растительные и моховые кочки высотой до 20 см запахивают кустарниково-болотными плугами. Более крупные кочки сначала разделяют навесными рельсовыми боронами или 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.

§ 129. Первичная обработка почвы

При первичной обработке почвы осушенной площади уничтожают дикую травянистую и древесную растительность, создаются благоприятные водный и воздушный режимы верхних слоев почвы, усиливается процесс разложения органического вещества и ускоряется создание мелкокомковатой структуры почвы.

После корчевки пней, удаления кустарников на осушенном участке остаются еще разрозненные мелкие кустарники, появляется поросль от не полностью выкорчеванных пней, сохраняется травянистая растительность.

При первичной обработке разрывают дернину, сплетение древесных и кустарниковых корней, корневищ и стеблей различных растений.

Чтобы превратить дернину и растительность в гумус, проводят ряд последовательных операций по обработке болотной почвы: вспашку осушенной целинной почвы и разделку пласта поднятой целины.

Вспашка осушенной целинной почвы. Ее проводят кустарниково-болотными плугами на глубину 20...35 см. Глубина вспашки определяется мощностью гумусового слоя. На минеральных почвах с мощностью гумусового слоя до 20 см вспашку проводят на глубину 20...22 см, на болотных торфяных — 30...35 см.

На легких минеральных почвах со слабой дерниной вспашку проводят обычными плугами. На торфяных почвах с плотной дерниной сначала проводят обработку ее поверхности тяжелыми дисковыми боролами в два следа, вдоль и поперек поля, а затем вспашку на глубину 30...35 см с полным оборотом пласта.

Вспашку целесообразно проводить 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, в результате чего интенсивнее идет процесс нитрификации, разложения мелких и средних корневых остатков древесной и травянистой растительности.

Разделка пласта. При обработке пласта необходимо создать рыхлый слой мощностью не менее $\frac{1}{2}$... $\frac{2}{3}$ глубины основной обработки, а кроме того, по возможности избежать распыления почвы. Это достигается фрезерной обработкой в 1...2 прохода фрезбарабана или обыкновенными дисковыми боролами в 2...4 следа.

В сухую погоду нельзя допускать больших разрывов между вспашкой и разделкой пласта.

Наилучшим направлением движения агрегата является диагонально-перекрестное. При этом происходит интенсивная обработка

пласта, дернина не выворачивается на поверхность и лучше выравнивается поле.

Прикатывание. На вновь освоенных болотах прикатывание обрабатываемого поля почвы имеет особое значение. Оно устраняет дефект вспашки и способствует созданию более благоприятных условий водного режима почвы.

Если прикатывание проводят на почвах с хорошо разложившимся торфом, то оно должно быть сравнительно слабым, наоборот, переходные и верховые болота с малоразложившимися торфами требуют сильного прикатывания.

Нормально осушенные почвы обязательно прикатывают до посева, а иногда и после посева некоторых культур. Основным орудием для прикатывания торфяных и перегнойно-луговых почв служит гладкий водоналивной двухзвенный каток КВГ-2,5 или более легкий трехзвенный ЗКВГ-1,4.

§ 130. Удобрение почвы

При первичном освоении осушенных площадей вносят вещества, которых нет в почве или они находятся в недостаточном количестве.

Осушенные верховые и переходные болота и большинство осушенных минеральных почв имеют повышенную кислотность и поэтому нуждаются в известковании, которое снижает кислотность, улучшает агрегатный состав почвенных частиц и в целом водно-физические свойства почвы, повышает растворимость фосфатов. По В. Р. Вильямсу, срок действия известкования 7...9 лет, после чего его повторяют.

По степени кислотности осушенные почвы подразделяют на сильно-, средне- и слабокислые. К сильнокислым относятся почвы верховых болот с кислотностью 2,5...3,5, к среднекислым — почвы переходных болот и минеральные почвы с рН солевой вытяжки 3,5...4,5, к слабокислым — некоторые низинные болота и некоторые минеральные почвы с рН солевой вытяжки 4,5...6,0. Большинство почв низинных болот относится к нейтральным или слабощелочным с рН солевой вытяжки 6...7.

При внесении извести на осушенных почвах учитывают, какие культуры будут возделывать на них и какая кислотность их. Полевые, луговые, овощные и технические культуры по-разному относятся к кислотности почв. Так, овес, озимая рожь, картофель и люпин дают высокие урожаи на почвах с повышенной кислотностью.

На слабокислых почвах возделывают такие культуры, как яровая пшеница, горох, вика, лен, подсолнечник, турнепс, клевер, многолетние злаковые травы. Озимую пшеницу, кукурузу, капусту, лук, коноплю выращивают только на слабокислых почвах. Дозы внесения извести на слабокислых почвах 0,5...1 т/га, на среднекислых — 1...2 и на сильнокислых — 3...4 т/га.

Большинство болот после осушения бедны калием. Калийные удобрения отличаются непродолжительным последствием, поэтому их вносят не только в первые, но и в последующие годы освоения осушенных почв. На низинных болотах при возделывании зерновых культур и трав K_2O обычно вносят до 120 кг действующего вещества на 1 га, корнеплодов, картофеля и овощных культур доза K_2O составит 200 кг/га. Так как калий разрушает структуру почвы, то его вносят вместе с суперфосфатом и органическими удобрениями.

На большинстве низинных болот содержится достаточное для развития сельскохозяйственных культур количество фосфора (P_2O_5), но в первые годы освоения осушенного болота он находится в недоступном для растений состоянии. Поэтому в начале освоения осушенных почв, где P_2O_5 содержится менее 0,4 массы сухой почвы, вносят фосфорные удобрения в количестве 45...60 кг действующего вещества на 1 га, в последующие годы их дозы уменьшают или совсем прекращают удобрение фосфором.

Эффективность фосфорно-калийных удобрений на торфяных осушенных болотах Украинской ССР в 3...5 раз выше по сравнению с минеральными почвами (Д. В. Ярмизин).

Низинные болота богаты азотом, но в первые годы освоения он находится в органической форме. В процессе окультуривания верхнего слоя и минерализации торфа азот постепенно переходит в аммонийные и нитратные формы и становится доступным для растений.

В южных районах Нечерноземной зоны и в лесостепи процесс перехода азота в доступную для растений форму наблюдается довольно интенсивно в течение 1...2 лет, поэтому при освоении осушенных низинных болот в этой зоне азотные удобрения не вносят.

В северных же районах при освоении осушенных болот из-за недостатка тепла процесс разложения торфа, а следовательно, и нитрификация проходят медленно. Внесение азотных удобрений на этих землях дает положительные результаты. На низинных болотах для бактериального заражения осушенного торфяника в первые два года вносят навоза по 10...20 т/га. На переходных и верховых осушенных болотах навоз вносят и в последующие годы по 20...40 т/га (вместо навоза можно вносить также фекалий по 10 т/га).

На осушенных торфяных почвах высокоэффективны микроудобрения, особенно медные огарки или медный купорос. В условиях Нечерноземной зоны медные микроудобрения иногда повышали урожай зерновых культур в 5...8 раз. При внесении медных удобрений особенно повышается урожай льна, озимой пшеницы и ржи, конопли, сахарной свеклы, гороха и кукурузы. Внесение меди сказывается и на качестве урожая. Так, при освоении осушенных пойменных болот УССР при внесении меди натура зерна ячменя повышалась на 10...11%, содержание крахмала в картофеле уве-

личивалось на 1,18%, жира в семенах конопли — на 1,33%. Менее эффективны медные удобрения на пойменных торфяниках, которые ежегодно обогащаются илом при весеннем затоплении пойм полыми водами, а также на почвах с небольшим слоем торфа (20...30 см) и на кислых низинных, переходных и верховых болотах северных и северо-восточных районов европейской территории СССР.

Наиболее распространенными медьсодержащими удобрениями являются отходы медеплавильного и суперфосфатного производства — пиритные огарки, которые в своем составе содержат окись меди в количестве 0,3...0,5%. Нормы внесения пиритных огарков 4...5 ц/га один раз в 4...5 лет.

При освоении торфяных осушенных почв дает положительные результаты внесение бора, марганца, кобальта и молибдена.

IV. МЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ВОДНОЙ ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ

Глава 21. ЭРОЗИЯ ПОЧВ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

§ 131. Общие сведения об эрозии почв

Под эрозией почв понимают разрушение и смыв почвы водой, стекающей по поверхности земли, или выдувание плодородного слоя ветром.

Эрозия распространена повсеместно, и в настоящее время на земном шаре безвозмездно потеряно более 50 млн. га плодородных земель.

Эрозионные процессы на территории нашей страны наиболее интенсивно начали проявляться в середине XIX — начале XX вв. Этому способствовала хищническая эксплуатация земель, обусловленная капиталистической системой (С. С. Соболев).

После Великой Октябрьской социалистической революции по инициативе В. И. Ленина охрана почв от эрозии стала одной из главнейших государственных задач, на решение которой выделяют огромные средства и материальные ресурсы. На всех этапах социалистического строительства правительство и Коммунистическая партия Советского Союза придавали огромное значение высокопроизводительному использованию земли.

Проведение комплекса противоэрозионных мероприятий в различных климатических зонах страны предусмотрено решениями мартовского (1965 г.), майского (1966 г.) Пленумов ЦК КПСС, а также решениями XXV и XXVI съездов КПСС. Вопросы рационального использования земель рассматривались также на октябрьском (1968 г.) и июльском (1970 г.) Пленумах ЦК КПСС.

В марте 1967 г. было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии», которое явилось программой для осуществления комплекса противоэрозионных мероприятий.

Принятые в 1968 г. «Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик» создают условия для рационального использования земли, повышения ее плодородия, предотвращения эрозии почв и вовлечения в хозяйственный оборот неиспользованных угодий.

В зависимости от времени проявления эрозионных процессов различают древнюю (геологическую) и ускоренную, или современную, эрозию.

Древняя эрозия возникла до появления человека под воздействием тектонических процессов, движения ледников, их таяния,

стекания вод и выветривания горных пород. Природные процессы эрозии протекают очень медленно. При этом потеря почвы от смыва, размыва и выдувания восстанавливается в результате почвообразовательных процессов, постоянно происходящих в верхних слоях земной коры.

Ускоренная эрозия — результат нерациональной деятельности человека без соблюдения почвозащитных мероприятий. При нарушении создавшегося в природе равновесия эрозионные процессы активизируются и протекают очень быстро.

В зависимости от причин возникновения различают ветровую и водную эрозию, проявляющиеся, в свою очередь, в различных видах.

Ветровая эрозия почв особенно сильно проявляется в районах Северного Кавказа, Бурятской АССР, Тувинской АССР, Хакасской АССР, Башкирской АССР и в Кулундинской степи Алтайского края.

Часто подвергаются пыльным бурям южные районы УССР, Северного Кавказа и Ростовская область. Ветровая эрозия делится на повседневную (местная), пыльные бури и выдувание почвы вместе со снегом зимой.

Повседневная эрозия проявляется в виде пыльных столбов, образующихся на пашне и развитых песках — результате подъема ветром почвенных частиц и поземки, при которой ветер передвигает частицы почвы вдоль поверхности земли. Местная эрозия возникает при скорости ветра менее 12 м/с.

Пыльные бури проявляются в виде разрушения и выдувания верхних слоев почвы ветром при скорости 12...15 м/с. В местах ослабления его скорости перед препятствиями (строения, зеленые насаждения, балки и овраги) образуются отложения почвенных частиц в виде кос и гряд.

Зимнее выдувание почвы проявляется в сдувании с полей сильным ветром вместе со снегом верхних частиц почвы с образованием сугробов из чередующихся слоев почвы и снега.

На европейской территории СССР водная эрозия распространена в центральных черноземных областях, юго-западной части УССР, в Молдавии, на Северном Кавказе, в Поволжье и в других областях. Значительно подвержены водной эрозии районы Южного Урала, Западной Сибири и Алтайского края.

Водная эрозия подразделяется на склоновую (плоскостная и линейная) и овражную.

Плоскостная водная эрозия проявляется в виде смыва и размыва почвы. Смыв выражается в постепенном, более или менее равномерном выносе с поверхности склона почвенных частиц текущими водами на склонах крутизной 0,5...1° и более. При значительном стоке плоскостная эрозия приводит к образованию мелкоструйчатого ручейкового размыва.

Линейная эрозия проявляется в виде размыва почвы концентрированным потоком в пониженных местах склона с образованием

промоин и рытвин, которые в дальнейшем разрастаются вглубь и вширь и превращаются в овраги.

К особым видам эрозии относится речная, береговая, горная и техническая.

§ 132. Меры борьбы с эрозией почв

В нашей стране борьба с эрозией почв является составной частью единой общегосударственной программы мелиорации земель. Мероприятия по борьбе с эрозией почв должны носить комплексный характер. В комплекс мер по борьбе с эрозией почв входят организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Организационно-хозяйственные мероприятия. В системе противоэрозионных мероприятий ведущая роль принадлежит организации территории, в основе которой лежит правильное размещение на эродированной территории сельскохозяйственных угодий и севооборотных массивов, полей севооборота и производственных (бригадных) участков. Такое размещение ведется с учетом особенностей рельефа, экспозиции склонов, почв и степени их эрозии, чтобы при проектировании агротехнических, лесомелиоративных, гидротехнических и других мероприятий создать наилучшие условия для агротехники культур, главным образом противоэрозионной и механизации процессов сельскохозяйственного производства.

В целях предупреждения эрозионных процессов немаловажное значение имеет правильное размещение дорожной сети, пастбищ, прогонов скота, а также больших садовых массивов на склонах и балках.

Противоэрозионные мероприятия, особенно защитные насаждения, в каждом хозяйстве проектируют во время внутрихозяйственного землеустройства в увязке с общей организацией территории, в единой системе мероприятий, направленных на повышение урожаев сельскохозяйственных культур.

Агротехнические мероприятия. Большинство агротехнических приемов является составной неотъемлемой частью технологии обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур.

Агротехнические противоэрозионные мероприятия осуществляются 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. Это достигается: применением способов обработки почвы, улучшающих водопоглощательную способность и устойчивость почв к смыву, размыву и выдуванию ветром, созданием на значительной части пашни сплошного растительного покрова с почвозащитным чере-

дованием сельскохозяйственных культур; проведением мероприятий по задержанию и регулированию поверхностного стока; применением органических и минеральных удобрений.

Наиболее эффективным и простым агротехническим приемом защиты почв от водной эрозии является глубокая зяблевая вспашка поперек склона на глубину 25...35 см. Глубина вспашки зависит от мощности гумусового слоя и экспозиции склона. При мощности его менее 20 см проводят безотвальную вспашку на глубину 35 см или обычную вспашку на глубину 20 см с почвоуглублением нижнего слоя на 15 см или почву обрабатывают глубокорыхлителями. Лучшие результаты этот прием дает на склонах северной экспозиции крутизной до 3°. При этом приеме запас воды в метровом слое почвы увеличивается на 20...25 мм, в 2...3 раза сокращается смыв почвы и на 2...2,5 ц/га повышается урожай зерновых культур. При этом приеме все последующие обработки (боронование, культивация, посев) проводят 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 0,20...0,25 м, чередующиеся с бороздами (через 1,4...1,7 м).

Наряду с обвалованием применяют прерывистое бороздование навесным четырехкорпусным плугом (или пятикорпусным прицепным плугом со снятым пятым корпусом), оборудованным специальной крыльчаткой, которая образует перемычки. Иногда борозды нарезают орудьями.

На сложных склонах крутизной до 6° более эффективным способом является поделка микролиманов плугом «Пахарь» со специальным приспособлением УМЛ-1-90. Можно применять лункообразователь ЛОД-10 или специальные приспособления к лущильникам ЛД-10 и ЛД-5.

При такой обработке почвы на поверхности пашни образуются понижения глубиной до 0,10...0,15 м, длиной 1,10...1,20 м и шириной 0,3...0,9 м, которые задерживают на каждом гектаре от 250 до 350 м³ воды.

Вспашку почвы с почвоуглублением, обвалование, поделку микролиманов применяют на позднеосенней зяби.

При обработке ранней зяби и ранних паров, обрабатываемых в течение лета, наиболее эффективно лункование, которое выполняют теми же орудьями, что и поделка микролиманов. При обработке почвы лункообразователем на поверхности пашни получают лунки глубиной 18...20 см, шириной до 30 см и длиной до 120 см, которые весной задерживают на каждом гектаре 250...300 м³ воды. Этот прием обработки повышает урожай сельскохозяйственных культур на 2...3 ц/га.

Эффективными агротехническими приемами являются кротование и щелевание почвы. Кротование проводят навесным кротователем КНА-100, который создает на глубине 40...50 см от поверхности цилиндрические пустоты диаметром 5...6 см на расстоя-

нии 1...1,5 м одна от другой. Кротование способствует задержанию до 150 м³ воды на каждом гектаре и увеличивает урожай зерновых культур на 2...3 ц/га.

Щелевание почвы применяют для предотвращения образования на поверхности пашни водонепроницаемой корки. Оно заключается в поделке специальными орудиями узких (3...5 см), но глубоких (до 60 см) щелей с расстояниями между ними 1...1,5 м. Щелевание выполняют каналокопателями КЗУ-0,3 в агрегате с гусеничным трактором, рыхлителем ГР-2,7 или специальными ножами, установленными на раме плуга. Щелевание почвы способствует уменьшению поверхностного стока и повышению урожая сельскохозяйственных культур.

На крутых склонах и в районах распространения ветровой эрозии применяют полосное земледелие и буферные полосы. Сущность полосного земледелия состоит в том, что посеvy сельскохозяйственных культур по-разному защищают почву от эрозии. Наибольшее защитное действие проявляется на посевах многолетних трав и озимых зерновых, меньшее — при возделывании пропашных культур.

При полосном земледелии сельскохозяйственные культуры размещают полосами поперек склона, хорошо защищающими почву от смыва и выдувания с менее устойчивых к эрозии почв. 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).

На длинных и крутых склонах, занятых под сады и пропашные культуры, применяют буферные полосы в виде узких лент из многолетних трав или кустарника, расположенных поперек склона. Ширина полос берется 4—6 м с расстоянием между ними 30...40 м на склонах 6...8° и 8...10 м с расстоянием между полосами 20...30 м на склонах крутизной 10...12°.

Большое значение для уменьшения интенсивности эрозионных процессов имеет регулирование местного стока (снегозадержание, регулирование таяния снега и др.) и применение системы удобрений, улучшающих структуру и физические свойства почвы.

В последнее время в СССР и за рубежом разрабатывают и внедряют способы минимальной обработки почвы, при которых значительно сокращается число механических обработок.

Хорошо себя зарекомендовала система мелиоративного земледелия с контурно-полосной противозерозионной организацией территории, разработанная Всесоюзным научно-исследовательским институтом виноградарства и виноделия (ВНИИВиВ). При такой организации территории площадь водосбора делится на ряд полос по горизонталям, начиная от водораздела до гидрографической зоны.

Регулирование поверхностного стока осуществляется валами, совмещенными с водопоглощающими канавами глубиной 60...70 см,

заполненными органическими материалами (виноградная лоза, солома). Вали и канавы располагают строго по горизонталям. Ширину полос принимают в зависимости от агроклиматических условий и рельефа. Так, при изменении крутизны склона от 0 до 8° для условий южных районов Ростовской области и сходных условий других областей ширину полос принимают от 47 до 30 м.

По контуру каждой полосы сажают лесные или плодовые деревья строго по горизонталям.

Органические материалы, заполняющие канавы, в сочетании с лесными полосами способствуют водопоглощению и восполняют отсутствие лесной подстилки и степного войлока, что предупреждает промерзание почвы даже при сильных и длительных морозах.

По данным ВНИИВиВ, применение этой системы обеспечивает урожай озимой пшеницы до 50 ц/га, ячменя до 40...48 ц/га, винограда до 70...90 ц/га.

Лесомелиоративные мероприятия. Лесные полосы размещают в соответствии с существующими инструкциями по полезащитному лесонасаждению. В зависимости от защитной роли и места размещения на склонах противоэрозионные лесные насаждения делятся на:

приводораздельные, размещаемые на водоразделах. Они способствуют накоплению снега на водоразделах и защите прилегающих склонов от ветров;

водорегулирующие, размещаемые на перегибах склона от водораздела до бровки гидрографической сети. Они способствуют задержанию поверхностного стока и уменьшению его разрушительной силы;

прибалочные и приовражные, размещаемые по границам полей севооборотов на 3...5 м выше бровок балок и оврагов. Они предотвращают рост оврагов и укрепляют их берега, регулируют поверхностный сток на вышележащем склоне и уменьшают эрозию почв;

насаждения на берегах балок речных долин и откосах оврагов, способствующие их закреплению и предотвращению размывов. Они также задерживают склоновый сток на вышерасположенном склоне;

донные лесные насаждения, размещаемые в днищах балок и оврагов и предотвращающие их размыв.

Расстояния между лесными полосами на склонах устанавливают с учетом формы, крутизны, экспозиции и протяженности склонов и водопроницаемости почв. При крутизне 2...3° расстояние принимается равным 400...300 м, при 4...5° — 300...250, при 6° и более — 250...150 м.

Ширина лесных полос принимается минимально необходимой для более полного задержания поверхностного стока. Для водорегулирующих лесных полос она равна 12...20 м, для прибалочных — 20...30 м.

Оптимальную ширину лесных полос рассчитывают по формуле И. П. Сухарева:

$$B_p = K \sqrt{il},$$

где B_p — ширина водорегулирующей полосы, м; 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 коэффициент 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.

В равнинной местности для защиты почв от ветровой эрозии закладывают продольные полезашитные лесные полосы; располагаемые поперек направления господствующих ветров (основные), и поперечные (вспомогательные). Оптимальное расстояние между продольными лесными полосами равно 25...30-кратной высоте деревьев.

Согласно указаниям по проектированию и выращиванию защитных полос и насаждений в равнинных районах СССР, расстояние между продольными полезашитными полосами не должно превышать: на сильновыщелоченных черноземах 600 м; на обыкновенных — 500 м; на южных — 400 м; на каштановых почвах 350 м; на почвах Северного Кавказа 300 м.

Расстояние между поперечными полосами не должно превышать 200 м. Для лесостепной зоны ширину лесных полос принимают равной 7,5...9 м, для степной — 10...15 м.

Лесные полосы совмещают с границами полей севооборотов.

§ 133. Борьба с оврагами

Овраги отнимают от пашни полезные площади, способствуют быстрому сбросу талых вод с полей в период весеннего половодья, снижению уровня грунтовых вод на прилегающей территории, что ведет к иссушению ее.

Овраги удлиняют пути сообщений между хозяйствами и создают большие неудобства при проведении дорожной сети, нарезке полей севооборотов и др. В зимний период в районах сильной изрезанности овражной и балочной сетью большое количество снега сдувается ветром с полей и откладывается в овражно-балочной сети.

Овраги вызывают ежегодное увеличение площадей бросовых земель, повреждение дорог, жилых и хозяйственных построек. В результате выноса большого количества продуктов размыва в период прохождения весенних паводков происходит интенсивное заиление рек, речных долин, прудов и водохранилищ.

Мощными факторами в борьбе с ростом оврагов являются приемы, направленные на регулирование стока талых и ливневых вод на водосборе. К ним относятся: агротехнические и лесомелиоративные мероприятия, правильная организация территории и закрепление оврагов древесными и кустарниковыми насаждениями.

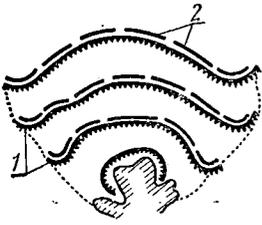


Рис. 92. План размещения валов-каналов в верховье оврага:

1 — валы; 2 — каналы.

Лес — наиболее мощное средство борьбы с эрозией почв и ростом оврагов. Древесные и кустарниковые породы, высаженные по откосам и бровкам действующих оврагов, надежно их закрепляют от дальнейшего разрушения.

При больших водосборных площадях и когда к вершине оврага в период весеннего снеготаяния поступают значительные расходы воды, кроме лесомелиоративных, применяют и гидротехнические мероприятия.

Гидротехнические сооружения, рекомендуемые для борьбы с оврагами, по характеру действия делятся на две группы: сооружения, предназначенные для задержания стока талых и ливневых вод на водосборе или в приовражной части территории; сооружения, перехватывающие потоки воды, текущие к оврагу, расплывающие и отводящие их на закрепленный полевой склон; сооружения для укрепления вершин, дна и откосов оврага от размыва.

Для задержания талых вод на приводораздельной части местности можно применять обвалование этой территории путем устройства водозадерживающих валов-каналов, равномерно размещенных на площади водосбора выше оврага. Валы обсаживают древесными и кустарниковыми породами.

Сущность этого способа заключается в том, что выше вершины оврагов, требующих укрепления, делают ряд каналов по горизонталям местности. Из вынудой земли насыпают вал с горизонтальным гребнем. Канавы и валы, располагаемые рядами, обеспечивают задержание талых вод и защищают вершину оврага от разрушения.

Водозадерживающие валы сооружают у вершины оврагов с площадью водосбора до 20 га, их возводят на расстоянии, равном двух- или трехкратному перепаду. Иногда валы размещают в приовражной части склона с целью задержания поверхностного стока, увлажнения почвы и защиты ее от эрозии. Водозадерживающий вал представляет собой земляное сооружение трапециевидной формы (рис. 92, 93) с расположением оси строго по горизонталям местности.

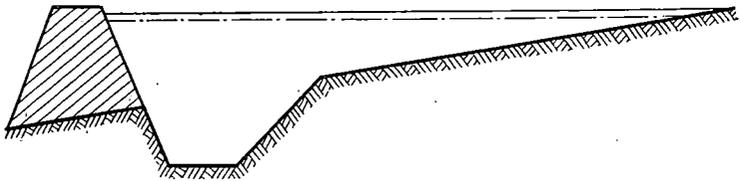


Рис. 93. Поперечное сечение вала-канавы.

Для создания прудка концы вала (шпоры) плавно закругляют вверх по склону с радиусом закругления 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 специальные водо-выпуски.

В настоящее время этот способ закрепления оврагов широко практикуется в центральных черноземных областях, в Полтавской и Харьковской областях, в Поволжье, на Северном Кавказе и др.

§ 134. Сооружения для укрепления вершин и dna оврагов

Головные овражные сооружения. К устройству головных или вершинных сооружений прибегают в том случае, когда требуется немедленное прекращение роста оврагов, а применение водорегулирующих сооружений и лесомелиоративных приемов на водосборной площади невозможно по следующим причинам: когда рост оврагов угрожает населенным пунктам, путям сообщения и др.; если водосборная площадь оврага по характеру (размер, конфигурация и др.) не позволяет применять обычные мероприятия регулирования стока и облесение; когда водосборная площадь оврагов занята очень ценными культурами и поэтому нельзя допустить устройство водорегулирующих сооружений.

Вершинные овражные сооружения в зависимости от их конструкций и условий работы делят на три основных типа: быстротоки, перепады и лотки-консоли. Их сооружают из дерева, фашин, камня или бетона. Срок службы деревянных вершинных сооружений 10...12 лет, фашинных — 4...7 лет.

Фашинные быстротоки применяют только на оврагах с небольшой водосборной площадью (до 10...15 га) при перепаде в вершине оврага 2...3 м. Для закрепления вершин оврагов со значительной высотой падения верхнего перепада применяют деревянные лотки-консоли.

Вершины действующих оврагов укрепляют долговременными сооружениями из камня или бетона в тех случаях, когда рост оврага угрожает основным транспортным магистралям, капитальным сооружениям, очень ценным сельскохозяйственным угодьям и др.

Наиболее удобным сооружением для этих целей является сборный железобетонный быстроток. Сборные лотки состоят из отдельных стандартных звеньев, изготавливаемых на заводе, что значительно снижает стоимость работ по сооружению лотков-быстротоков. Сборный лоток в сочетании с облесением откосов оврага защищает последний от дальнейшего роста.

Донные сооружения. Для закрепления дна оврагов от размыва устраивают донные сооружения. Их применяют при наличии головных сооружений, по которым сбрасываются талые и ливневые воды на дно оврага. Донные сооружения предохраняют дно оврага от размыва, делают устойчивыми откосы оврагов, защищают от овражных наносов нижележащие угодья, создают более благоприятные лесорастительные условия на дне оврага.

В настоящее время в производственных условиях применяют несколько типов полузапруд для закрепления дна оврага: плетневые, фашинные, хворостяные, деревянные, каменные и бетонные. Наиболее простейшими и доступными являются плетневые полузапруды.

Полузапруды устраивают следующим образом: поперек русла копают канаву глубиной и шириной 0,3 м с заходом в скаты оврага до 1 м. В дно канавы забивают на глубину 0,25 м ветловые колья длиной 1 м и толщиной 5...6 см через 0,4...0,5 м один от другого. Промежутки между кольями заплетают ивовыми прутьями, которые плотно осаживают. После этого канавы засыпают землей и трамбуют. Наружная высота плетня будет равна 0,45 м.

Ветловые колья и ивовый хворост должны быть «живыми» свеженарубленными с расчетом на прорастание их; с этой целью работы лучше проводить весной. Желательно колья не забивать, а устанавливать в предварительно пробитые отверстия с тщательной затрамбовкой.

Число полузапруд определяют в зависимости от крутизны и длины оврага: чем круче уклон русла, тем чаще их ставят. Расстояние между полузапрудками в среднем 10...15 м. Перепады (обрывы) в вершине оврага также необходимо закреплять постановкой плетней. Проросшие колья и хворост образуют в конце концов живые зеленые полузапруды.

В период прохождения паводка талых и ливневых вод плетневые полузапруды создают подпор для текущей воды, снижают ее скорость. Между полузапрудками осаждаются илистые частицы почвы, несущиеся с водными потоками, происходит заиление дна оврага.

На Новосильской агролесомелиоративной станции ВНИИАЛМИ для борьбы с донными размывами успешно применяют залужение. Перед залужением дно действующего оврага выравнивают, вершину оврага несколько выполаживают с помощью бульдозера и грейдера и затем засевают травосмесями.

Для залужения рекомендуются следующие травосмеси: овсяница луговая, мятлик луговой, костер безостый; мятлик луговой, тимофеевка, костер безостый, клевер красный, люцерна, овсяница луговая.

Травосмеси лучше сеять ранней весной (конец апреля или начало мая). Норма высева семян трав для залужения дна оврагов берется в 8...10 раз больше нормы высева на обычных посевах многолетних трав. В первый год роста трав на дне оврага место

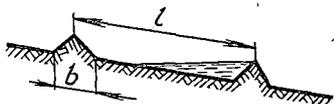


Рис. 94. Гребневые террасы с горизонтальным валом.



Рис. 95. Ступенчатая наклонная терраса.

залужения огораживают, защищают от погрызы скотом. В первый год пользования травы скашивают. К осени на залуженных участках создается хороший растительный покров, обеспечивающий пропуск паводка в следующую весну. Залужение дна оврагов можно рекомендовать только для небольших водосборов — до 10...20 га.

§ 135. Террасирование склонов

Эффективным средством задержания поверхностного стока и предотвращения смыва и размыва на крутых склонах является террасирование склонов и берегов балок. Известно несколько разновидностей террас.

На пологих склонах, покрытых легкими водопроницаемыми почвами, при уклонах 0,02...0,12 применяют гребневые террасы с горизонтальным валом.

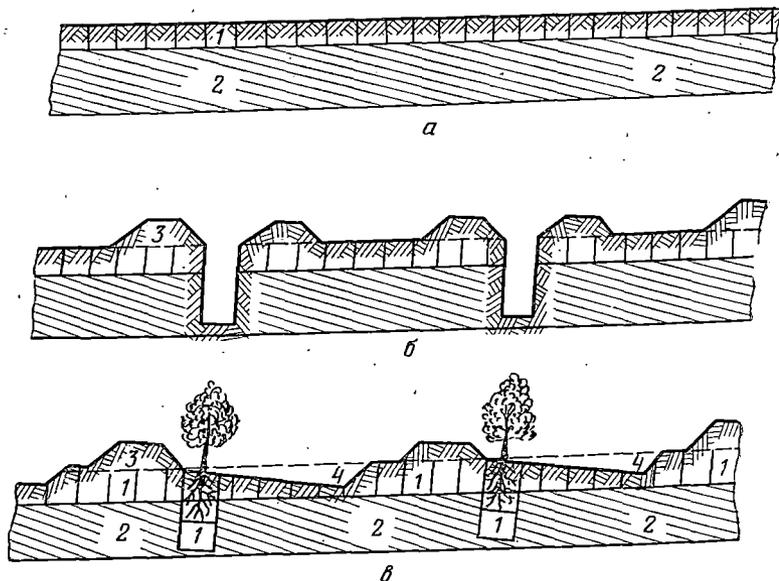


Рис. 96. Траншейные террасы:

а — исходное положение; б — положение при постройке; в — конечное положение.

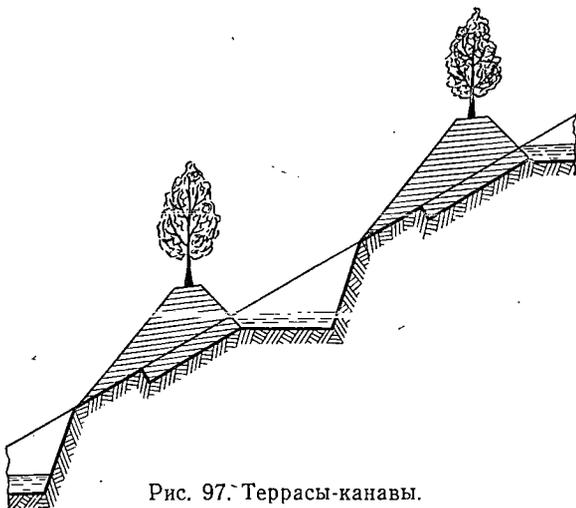


Рис. 97. Террасы-каналы.

Гребневые террасы с горизонтальным валом (рис. 94) представляют собой валики высотой 30...40 см, отсыпанные параллельно горизонталям склона. Ширина основания валиков 2...4 м, заложение откосов 1:3 или 1:4. Форма поперечного сечения валика треугольная. Валики насыпают грейдером, специальным террасером или плугом.

На тяжелых почвах, где нельзя допускать застаивания воды перед валиком, во избежание переувлажнения почвы их строят под небольшим углом к горизонталям. Уклон валиков принимают не более 0,005. Благодаря наклонному положению валов избыток поверхностного стока отводится от них. Ширину и высоту террас с наклонным валом определяют с учетом уклона и почвенного покрова (табл. 37).

Таблица 37. Ширина и высота гребневых террас с наклонным валом (А. Я. Калабугин, С. И. Мурашев)

Уклон	Ширина террас, м		Высота террас (в м)—превышение между осями соседних террас	
	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

Гребневые террасы используют под посев сельскохозяйственных культур.

При уклонах от 0,12 до 0,25 применяют ступенчатые террасы (рис. 95). Уменьшение уклона террасы проводят перемещением грунта с верхней части ее в нижнюю. Ступенчатые террасы бывают наклонные, горизонтальные и наклонные в сторону склона местности (с обратным уклоном).

Ступенчатые террасы с обратным уклоном называют скамье-видными. Устройство таких террас связано со срезкой почвы. Вопрос о величине срезки слоя почвы в каждом случае решается на месте, так как от срезки зависит размер террасы.

При больших уклонах и малом плодородном слое почвы применяют траншейные террасы (рис. 96), представляющие чередование канав, вырытых вдоль горизонталей, и земляных валов, образованных из вынутого грунта и расположенных вдоль нижнего края канав. Траншейные террасы устраивают в следующей последовательности (А. Я. Калабугин, С. И. Мурашев): роют траншею нужной глубины, при этом плодородный слой почвы из траншей складывают на верхней бровке, а нижний, подпочвенный, — на нижней бровке, образуя вал; траншею доверху засыпают почвой с верхней бровки. Недостаток почвы верхнего горизонта восполняется почвой, взятой с полос между траншеями.

Траншейные террасы используют для выращивания чая, цитрусовых, плодовых и других ценных культур.

В районах большого ливневого стока при уклонах от 0,3 до 1,0 применяют террасы-канавы (рис. 97), представляющие собой валы, насыпанные вдоль верхнего и нижнего краев канавы, вырытой между валами. Валы отсыпают из грунта, вынутого из канавы. Ширина валов поверху не менее 0,5 м, превышение между соседними валами 2,0...2,5 м. Валы используют для посадки плодовых деревьев. Канавы служат для отвода поверхностных вод и увлажнения почвы вала. Для предотвращения сползания валов по склону их основания заглубляют.

V. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ

Глава 22. КАЧЕСТВО ВОДЫ, МЕТОДЫ ЕЕ УЛУЧШЕНИЯ И НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Водоснабжением называется комплекс мероприятий по обеспечению водой различных ее потребителей (Н. Н. Абрамов). Система водоснабжения включает разнообразные сооружения, обеспечивающие добывание, очистку и подачу воды потребителям в необходимых количествах и надлежащего качества. В воде нуждаются все процессы сельскохозяйственного производства, поэтому своевременное удовлетворение этих потребностей обеспечивает определенную ритмичность работы в выполнении плановых заданий колхозов и совхозов. Воду используют на питьевые цели населения, на водопой скота, для заправки сельскохозяйственных машин, на противопожарные цели, а также на удовлетворение многих бытовых и санитарно-гигиенических мероприятий села.

При водоснабжении населения важное значение имеет качество воды. Если для целей водоснабжения и обводнения используют плохую воду, то это приводит к заболеванию людей, снижению продуктивности животных и производительности машин. Поэтому все процессы сельскохозяйственного производства проводят с соблюдением современных санитарно-гигиенических требований. Вся система водоснабжения: условия водозабора, транспортирование и подача воды потребителю — должна также обеспечивать эти требования.

§ 136. Показатели качества воды

Вода в природных условиях никогда не бывает совершенно чистой. Она содержит различные посторонние вещества в виде истинных или коллоидных растворов, механических примесей, живых организмов и бактерий.

Дождевые воды при выпадении обогащаются не только газами (O_2 , CO_2 и др.), но и некоторыми солями, содержащимися в воздухе.

Грунтовые воды содержат соли и газы, главным образом CO_2 . Это наиболее чистые воды, микроорганизмов в них очень мало, так как они попадают в воду чаще на поверхности земли.

Содержание солей в речной воде определяется притоком в реку грунтовых вод. При значительном их притоке количество солей в реках увеличивается и, наоборот, уменьшается при малом притоке в реку грунтовых вод. В речной воде много взвешенных веществ и газов, а также микроорганизмов.

В водах озер и прудов содержание солей колеблется в значительных пределах и зависит от степени подпитывания прудов грунтовыми водами. Количество посторонних веществ и живых организмов изменяется в сезон и в значительной степени обуславливается хозяйственной деятельностью человека, наличием стока из поселков, промышленных предприятий и др.

Качество воды и степень пригодности ее для питьевых и хозяйственных целей определяются в первую очередь составом и количеством в ней веществ и организмов.

Качество воды оценивают по физическим, химическим и санитарным показателям.

К физическим свойствам воды относятся температура, цвет, запах и привкус. Температуру определяют термометром погружением его в воду на 5 мин на разных глубинах реки или водоема. При измерении воды в колодцах из него предварительно откачивают воду в течение 15...20 мин.

Желательно, чтобы вода, используемая для питьевых целей, имела температуру от 7 до 12 °С. Такую температуру обычно имеют подземные, артезианские и грунтовые воды.

Температура поверхностных водных источников (реки, пруды, озера) в течение года колеблется от 0° зимой до 25 °С и более в июле и августе.

Цвет, или окраска, воды обуславливается содержанием в ней гумусовых частиц или примесей остатков растений, коллоидов. Цветность воды чаще всего наблюдается в открытых источниках (реки, озера), питающихся частично болотной водой.

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 воды показывает невысокое ее качество.

Цветность воды устанавливают приблизительно в градусах по В. С. Оводову. Для этого исследуемую воду наливают слоем 10 см в бесцветный стеклянный цилиндр вместимостью 100 мл, затем цилиндр рассматривают на белом фоне сбоку и сверху и цветность воды оценивают по платиново-кобальтовой шкале (табл. 38).

Таблица 38. Цветность воды по платиново-кобальтовой шкале

Цвет при рассмотрении сбоку	Цвет при рассмотрении сверху	Цветность, град
Бесцветный	Слабо-желтый, уловимый только при сравнении с налитой в такой же цилиндр дистиллированной водой	Менее 10
Бесцветный	Слабо-желтоватый	20
Едва заметный слабо-желтоватый	Очень слабо желтоватый	30
Слабо-желтый	Слабо-желтоватый	40

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 т. п. Мутность воды характеризуется количеством сухого вещества в миллиграммах, отфильтрованного из 1 л воды.

Требования к качеству воды, подаваемой водопроводами потребителю, для хозяйственных и питьевых нужд определяются государственным стандартом. Так, 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. Для этого используют высокий стеклянный градуированный цилиндр, на дно которого кладут белый фарфоровый диск или фарфоровую пластинку, на которых черной краской нанесен условный знак толщиной 1 мм в виде двух крестообразных линий. 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 ее сильно колеблется: весной после весенних паводков от 5 до 10 град; в летний период после осадки ила на дно прозрачность достигает 90...100 град. В этих источниках прозрачность воды часто определяют с берега или лодки опусканием в воду на шнурке металлического белого диска с нанесенным крестообразным знаком.

Запах и привкус воды обуславливаются содержанием в воде растворенных газов, особенно сероводорода, минеральных солей и органических веществ и микроорганизмов. Сильный запах и привкус обычно имеют источники, в которые попадают воды с торфяных болот.

Неприятный запах придает воде фенол даже в небольшом количестве. Запах фенола иногда наблюдается в водах угледобывающих районов.

Питьевая чистая вода не должна иметь запаха и привкуса. Силу запаха оценивают по пятибалльной системе (табл. 39).

Т а б л и ц а 39. Определение силы запаха по пятибалльной системе (В. С. Оводов)

Условия определения запаха или вкуса воды	Оценка запаха или вкуса	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 непригодна для питья	Очень сильный	5

Запах питьевой воды согласно ГОСТ 2874—73 при температуре 20 °С и при ее подогреве до 60 °С не должен быть более 2 баллов.

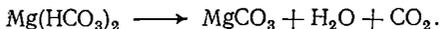
Солоноватый и горько-солоноватый вкус придает воде соли Mg, Cl, Fe и S. На вкус воду исследуют при температуре до 20...25 °С, потому что при меньшей температуре привкус воды может не обнаруживаться.

§ 137. Химические свойства воды

Химические свойства воды характеризуются содержанием в воде различной концентрации растворимых солей и органических веществ. В сельскохозяйственном водоснабжении имеют большое значение показатели щелочности или кислотности воды, зависящие от концентрации водородных ионов pH. Качественно кислотность воды определяется лакмусовой бумагой. 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, называется плотным остатком, который определяется выпариванием воды. Полученный при этом плотный остаток минеральных солей и органических веществ прокалывают при температуре 110 °С до постоянной массы.

Наличие в воде солей кальция и магния обуславливают ее жесткость. Различают общую, или временную, жесткость (сырой воды) и жесткость постоянную — жесткость кипяченой воды. Общая или временная жесткость всегда бывает выше постоянной. При кипячении вода несколько смягчается, так как при нагревании воды до 100 °С в ней происходят следующие процессы (по А. А. Черкасову):



При кипячении CO_2 улетучивается из воды, а CaCO_3 и MgCO_3 выпадают в осадок, вследствие чего содержание кальция и магния в воде уменьшается и вода несколько смягчается.

В нашей стране жесткость воды выражают в миллиграмм-эквивалентах кальция и магния в 1 л воды (мг-экв/л).

Жесткость воды в 1 мг-экв соответствует содержанию в 1 л 20,4 мг ионов кальция или 12,16 мг ионов магния.

По степени жесткости воду подразделяют на мягкую с жесткостью до 3 мг-экв/л, средней жесткости — 3...6 мг-экв/л, жесткую — 6...15 мг-экв/л и очень жесткую — более 15 мг-экв/л.

Для питьевых целей используют воду с относительно высокой жесткостью, так как наличие в ней солей не вредно для здоровья людей и не ухудшает ее вкусовых качеств, но использование жесткой воды для хозяйственных и технических нужд экономически невыгодно.

При стирке белья жесткой водой, как правило, увеличивается расход мыла, для нагревания жесткой воды расходуется больше топлива. При заправке машин и котлов на стенках радиаторов и котлов образуется больше накипи. Поэтому 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 питания паровых котлов.

Вода открытых водных источников значительно мягче воды подземных источников.

Часто в воде содержится свободная CO_2 в количестве до 20 см³ в 1 л. Содержание CO_2 в воде не ухудшает хозяйственные и питьевые качества ее.

Наличие в воде избыточного количества кислорода вызывает коррозию железа, особенно если в ней еще содержатся CO_2 , гуминовые вещества, соединения марганца и сернистого железа. Наличие в воде железа придает ей неприятный привкус и запах, бурю окраску и делает воду непригодной для питьевых и хозяйственных нужд.

Наличие в воде соединений азота указывает на ее загрязненность животноводческими стоками. Содержание соединений HNO_3 , гнилостных бактерий в глубокозалегающих грунтовых водах свидетельствует о ее непригодности для питьевых целей. Если в ней отсутствуют гнилостные бактерии, то наличие HNO_3 и соединений NH_3 и HNO_2 указывает на то, что находившиеся органические вещества в воде уже полностью минерализовались, и эта вода при содержании соединений HNO_3 до 40 мг/л пригодна для питьевых целей.

Грунтовые воды глубоких артезианских горизонтов иногда содержат азотистые соединения — NH_3 , HNO_2 и HNO_3 . Такие воды подвергаются химическому анализу, санитарному контролю, но обычно безвредны для питья.

В анализах по определению содержания HNO_2 в воде берут пробы воды объемом 10 см³ и смешивают с 0,5 см³ реактива Гриса. Пробу нагревают в течение 5 мин до температуры 70...80 °С. Если проба воды не окрашивается, то содержание HNO_2 не превышает 0,01 мг/л. Если вода окрашивается в слабо-розовый или ярко-красный цвет, то HNO_2 содержится более 0,01 мг/л. При этом чем интенсивнее окраска воды, тем больше содержится в ней HNO_2 .

Для определения содержания HNO_3 берут пробу воды в 0,5 см³ и смешивают с 1,5 см³ крепкой серной кислоты (H_2SO_4). Смесь охлаждают до 20...25 °С и прибавляют к ней 2 мг брудина. Если вода не окрасится, то HNO_3 в ней содержится менее 0,5 мг/л.

Окрашивание воды в розовый или даже желтый цвет указывает на присутствие нитратов, и чем интенсивнее окраска воды, тем их больше. Подаваемая водопроводами вода на хозяйственные и питьевые нужды, согласно ГОСТ 2874—73, должна содержать нитратов не более 10 мг-экв/л.

Хлориды содержатся в водах поверхностных источников (реки, пруды, озера) и в подземных водах. Хлориды могут быть минерального происхождения, которые придают воде неприятный вкус уже при содержании 300 мг/л NaCl и до 100 мг/л MgCl. При содержании же NaCl в количестве 400 мг/л вода приобретает сильно соленый вкус.

Содержание хлора в воде и соединений NH_4 и HNO_3 в открытых водных источниках и неглубоких колодцах указывает на опасное в санитарном отношении загрязнение водного источника сточными водами (стоки животноводческих ферм). В этом случае требуется химический и бактериологический анализ воды. Такая вода для питьевых целей непригодна.

Соединения серной кислоты в воде, так же как и хлориды, могут быть минерального и органического происхождения. При минеральном происхождении соединений серной кислоты (CaSO_4 или MgSO_4) при концентрации SO_4^{2-} до 100 мг/л вода для питьевых целей вполне пригодна, но содержание Na_2SO_4 может вызывать нарушение работы желудочно-кишечного тракта у людей. В воде могут образовываться сульфаты и органического происхождения. В этом случае воду источника обязательно подвергают биологическому анализу. В водных источниках иногда присутствует сероводород. Вода, содержащая сероводород, непригодна для питья. Для установления содержания H_2S в воде берут пробу объемом 100 см³, наливают в колбу и кипятят. Над горлом колбы держат бумагу, смоченную раствором уксуснокислого свинца. Если бумага потемнеет, значит, в воде содержится H_2S .

Содержание в воде фосфорной кислоты и калия более 10 мг/л указывает на то, что вода загрязнена фекалиями.

Согласно ГОСТ 2874—73, в подаваемой по водопроводам воде на хозяйственно-питьевые нужды содержание железа допускается не более 0,3 мг/л, мышьяка — не более 0,05 мг/л, меди — 1 мг/л, цинка — 5 мг/л, свинца — 0,1 мг/л.

Количественное содержание в воде химических элементов (N, Fe, Mg, Al, P, S, P и K) определяют лабораторным путем.

§ 138. Бактериологический состав воды

В воде открытых водных источников и грунтовой воде встречаются более 500 различных видов бактерий в 1 см³ родниковой воды и до нескольких тысяч и миллионов в загрязненных водоемах.

Наличие бактерий в воде обуславливается загрязнением источников поверхностными стоками. Число бактерий в 1 см³ воды возрастает с увеличением загрязнения водоема, при размножении их в благоприятных условиях (медленное течение, наличие органических веществ и др.).

Количество бактерий в воде может и уменьшаться в результате их осаждения на дно водоема, уничтожения представителями Protogopa, гибели от лучистой энергии солнца и др. В воде могут содержаться патогенные (возбудители брюшного тифа, дизентерии, холеры и других инфекционных болезней) и непатогенные бактерии. При обнаружении в воде патогенных бактерий ее подвергают тщательному бактериологическому анализу.

Бактериальная загрязненность воды оценивается содержанием количества бактерий в 1 мл воды. Согласно ГОСТ 2874—73, в питьевой воде не должно содержаться более 100 бактерий в 1 мл (при стандартном методе исследования).

Содержание патогенных бактерий в воде недопустимо.

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 колонитр (объем воды, в котором обнаружена одна кишечная палочка) не должен быть меньше 300 см³.

Содержание органических веществ обнаруживают введением в воду марганцовокислого калия (KMnO_4). Вода при этом окрашивается в розово-красный цвет, по мере окисления органического вещества она теряет окраску. Установление стойкого розового окрашивания воды означает, что в воду внесено KMnO_4 больше, чем требовалось для полного окисления органических веществ, содержащихся в воде.

Количество KMnO_4 , необходимое для полного окисления органических веществ в воде, называется окисляемостью. Воду считают хорошей, если на окисление содержащихся в ней органических веществ в пробе в 1 л расходуется 3...5 мг марганцовокислого калия. Если на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды, расходуется 20 мг KMnO_4 , такую воду считают плохой. Вода становится непригодной для питья, если окисляемость ее составляет 30 мг KMnO_4 на 1 л пробы.

Биологические свойства воды характеризуются содержанием в ней флоры и фауны. Если в водоеме водятся караси, карпы и лини, значит, в воде содержится

ся много микроорганизмов и она загрязнена веществами органического происхождения. Если в водоеме водятся рыбы — гольяк, красноперка и форели, это указывает на достаточную чистоту воды. При содержании в водном источнике кислорода менее 0,6...0,7 см³ в 1 л рыба вообще гибнет.

О качестве воды также свидетельствует растительность, обитающая в водоемах: в заиленных и стареющих водоемах произрастают кувшинка и уруть; осока и плакун приурочены к берегам заболочиваемых водоемов; в сильноминерализованных водах произрастают наяда морская и разные виды хар.

Для водопоя животных, зверей и птиц на фермы, согласно ГОСТ 2874—73, следует подавать воду питьевого качества. В том случае, когда нет питьевой воды, допустимо использовать для этой цели минерализованные воды (табл. 40).

Т а б л и ц а 40. 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	
Крупный рогатый скот:				
взрослые животные	2400	600	800	18
телята и ремонтный молодняк	1800	400	600	14
Свиньи:				
взрослые животные	1200	400	600	14
поросята и ремонтный молодняк	1000	350	500	12
Лошади:				
взрослые животные	1000	400	500	15
жеребята и ремонтный молодняк	1000	350	500	12
Овцы:				
взрослые животные	5000	2000	2400	45
ягнята и ремонтный молодняк	3000	1500	1700	30

П р и м е ч а н и я. 1. 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.).

2. Для животных и птиц, не указанных в таблице, допустимый минеральный состав воды для водопоя в каждом случае должен согласовываться с органами ветеринарного надзора.

§ 139. Улучшение качества воды

Воды открытых водных источников, колодцев, рек, прудов, озер очень часто не отвечают требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды. Поэтому при водоснабжении такая вода нуждается в улучшении. Ее процеживают, отстаивают с коагулированием, фильтруют, обеззараживают, умягчают, обезжелезивают и опресняют.

При заборе воды из открытого источника она сначала течет через решетки, которые изготовлены из металлических прутьев, установленных на расстоянии 50...100 см один от другого. Решетка не пропускает крупные плавающие и взвешенные предметы. Более мелкие предметы задерживаются далее двухрядной проволо-

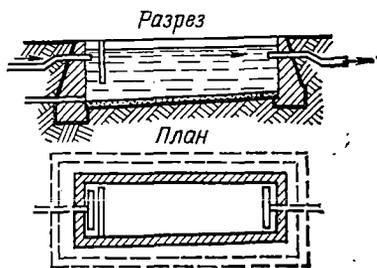


Рис. 98. Горизонтальный отстойник.

ной сеткой. Первая сетка имеет отверстия 10...14 мм, вторая — 5...7 мм. Далее вода проходит через латунные мелкие сетки, в которых довольно хорошо очищается от лишних частиц и мусора. Очистку воды от мелких взвешенных механических примесей проводят в специальных сооружениях — отстойниках. В отстойниках вода протекает с очень малой скоростью, и мелкие взвешенные частицы под действием силы тяжести выпадают на дно отстойника в виде осадка, после чего вода в значительной степени осветляется.

В воде удерживаются лишь мельчайшие частицы, скорость осаждения которых очень мала. Чтобы вызвать осаждение на дно отстойника и этих мельчайших частиц, их коагулируют добавлением в воду раствора коагулянта — сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3$, железного купороса $FeSO_4$ или хлорного железа $FeCl_3$. При введении в воду сернокислого алюминия он вступает в соединение с растворенными в воде двууглекислыми солями, вызывает свертывание в хлопья гидрата окиси алюминия. По пути выпадения на дно отстойника хлопья адсорбируют или механически увлекают содержащиеся в воде лишние частицы ила, бактерии, мелкий планктон и др. При этом происходит довольно интенсивное осветление и обесцвечивание воды.

Дозы коагулянтов зависят от мутности очищаемой воды. Так, по Н. Н. Абрамову, дозы коагулянта, считая на безводную соль $Al_2(SO_4)_3$, принимают в следующих пределах.

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	—	—

При коагулировании воды происходит снижение ее цветности. Для снижения цветности воды до нулевых значений дозу коагулянта вычисляют по эмпирической формуле:

$$D_k = 4 \sqrt{C},$$

где D_k — доза коагулянта $Al_2(SO_4)_3$, мл/л; C — цветность воды по платиново-кобальтовой шкале, град.

В настоящее время в сельскохозяйственном водоснабжении применяют отстойники горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальный отстойник, наиболее распространенный в практике сельскохозяйственного водоснабжения, представляет собой закрытый бассейн прямоугольной формы в плане. Вода, подлежащая осветлению, подводится к отстойнику с одной его стороны (торца), протекает по нему и отводится с другой стороны (рис. 98). Отстойник состоит из рабочей части, где происходит осаждение взвешенных в воде частиц. Эта часть отстойника называется зоной осаждения, нижнюю часть (зона накопления), где происходит накопление выпавшего осадка, называют зоной накопления и уплотнения осадка.

Высоту зоны осаждения берут от 2,5 до 3,5 м. Высоту нижней части отстойника рассчитывают на прием осадка, который выпадает в период между чистками отстойника. Длину отстойника для задержания взвешенных частиц, вошедших с водой в него, определяют по формуле

$$L = vH/u,$$

где L — длина отстойника, м; v — скорость движения воды в отстойнике, которая колеблется от 0,001 до 0,002 м/с; u — скорость выпадения частиц, м/с; H — высота рабочей части отстойника, м.

Отстойники делают закрытыми и темными, чтобы в них не развивалась растительность.

Вертикальный отстойник представляет собой круглый или квадратный в плане бассейн высотой 4...5 м, с коническим или пирамидальным дном, с центрально цилиндрической трубой. Вода подается в него по трубе, проходит в нижнюю часть отстойника, далее движется вверх с небольшой скоростью (0,5...0,75 мм/с) и отводится по сборному желобу и отводной трубе. Образовавшийся осадок накапливается на дне отстойника, откуда периодически отводится по трубе (рис. 99). После отстаивания воду пропускают через слой фильтрующего материала.

Фильтрующий материал представляет пористую среду с малым числом пор. В качестве фильтрующего материала при водоснабжении используют речной кварцевый песок.

Фильтр представляет собой резервуар, на дне которого расположено дренажное устройство для отвода профильтровавшейся воды. На дренаж укладывают слой поддерживающего материала, на него — песок. В песчаных фильтрах поддерживающим материалом служит гравий, который укладывают слоями с увеличением кнзизу крупности зерен.

В период фильтрования фильтр бывает заполнен слоем воды не менее чем на 2 м выше фильтрующего материала. Вода подается сверху и отводится снизу через дренажное устройство.

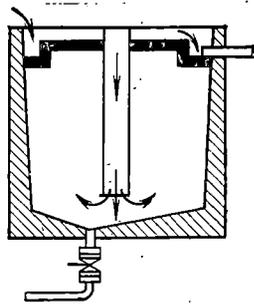


Рис. 99. Вертикальный отстойник.

Скорость фильтрации определяют по формуле (Абрамов, 1974)

$$v = Q/\omega,$$

где v — скорость фильтрации воды, м/ч; Q — количество воды, проходящее через фильтр в единицу времени, м³/с; ω — площадь фильтра, м².

Песчаные фильтры подразделяются на медленные и быстрые.

Медленный фильтр применяют для фильтрования некоагулированной воды. Скорость фильтрования на таких фильтрах зависит от количества взвешенных в воде веществ. При их исходном содержании в воде до 25 мг/л скорость фильтрования равна 0,2...0,3 м/ч, при 25...50 мг/л она снижается до 0,1...0,2 м/ч. При такой скорости фильтрования удерживаются практически все минеральные и органические частицы и до 98% бактерий.

Медленный фильтр представляет собой бетонный или кирпичный бассейн. В таблице 41 приведены данные крупности зерен и высоты слоев песка и поддерживающих слоев.

Таблица 41. Крупность фракций песка и гравия для медленного фильтра (по Н. Н. Абрамову)

№ слоя сверху	Загрузочный материал	Крупность зерен, мм	Высота слоя, мм
1-й	Песок	0,3...1	1200
2-й	»	1...2	50
3-й	Гравий или щебень	2...4	100
4-й	То же	4...8	100
5-й	»	8...16	100
6-й	»	16...32	150

Неочищенная вода подается в верхнюю часть фильтра и держится слоем 1...1,5 м над поверхностью песка. В период фильтрования через 1...2 сут в верхнем слое песка в результате задержания и накопления в порах песка частиц взвеси образуется пленка (осадок). Этот слой является фильтрующим материалом и играет большую роль в очистке воды. Слой песка фильтра в данном случае служит поддерживающей опорой для задержания в порах и на его поверхности частиц взвеси. Пока эта пленка не достигла достаточной толщины, фильтр очищает воду недостаточно хорошо. По мере образования и созревания пленки эффект осветления воды при фильтровании возрастает. Фильтрование воды через образовавшуюся в верхнем слое песка пленку — нормальный рабочий процесс фильтров. Вода хорошо осветляется без предварительной обработки коагулянтами. По мере увеличения мощности пленки фильтрация сильно замедляется, расход фильтров уменьшается и пленку удаляют. Чистку фильтра проводят через 1...2 месяца. При очистке фильтра снимают верхний загрязненный слой песка толщиной 1...2 см.

К достоинствам медленных фильтров относится высокая степень осветления воды и высокий процент задержания бактерий

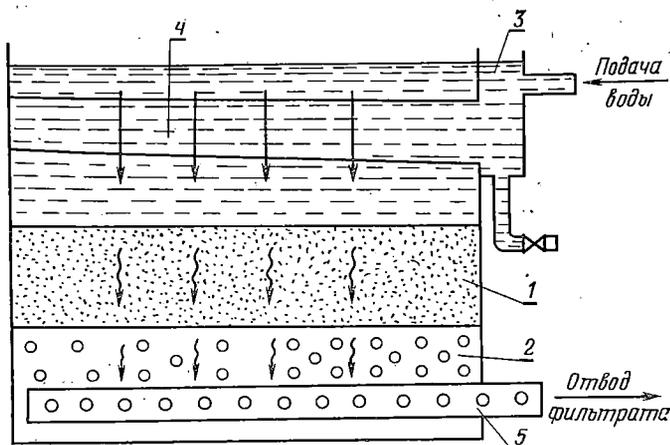


Рис. 100. Скорый фильтр:

1 — фильтрующий слой песка; 2 — поддерживающий слой гравия;
3 — карман; 4 — желоб; 5 — дренаж.

без предварительной химической обработки воды коагулянтами.

Из недостатков медленных фильтров следует указать на их большую строительную стоимость и сложность очистки. Медленные фильтры в настоящее время довольно широкое распространение получили в сельскохозяйственном водоснабжении.

Скорые фильтры широко применяют при очистке питьевой воды. Их сооружают в виде прямоугольных в плане бетонных резервуаров (рис. 100). Сверху расположен песок слоем 0,75...1 м (диаметр зерен 0,3...0,5 мм), ниже залегает поддерживающий слой гравия, уложенный на дренажное устройство. Воду после коагулирования подают в фильтр сверху. Пройдя через слой песка и гравия, она очищается и отводится через дренажные устройства.

При фильтровании поддерживают слой воды в 1 м; скорость фильтрации колеблется от 6 до 12 м/ч, то есть значительно быстрее, чем при медленных фильтрах. В скором фильтре всегда применяют коагулянты, что приводит к быстрому загрязнению фильтра; пленка в верхнем слое песка созревает через 20...30 мин фильтрации. Поэтому фильтрующий материал в скорых фильтрах 1...2 раза в сутки промывают обратным током чистой воды, подаваемой снизу через дренаж со скоростью 35...45 м/ч. Промывная вода, проходя через гравий и песок, разрушает пленку, вымывает и выносит частицы ила вместе с грязью в сточную трубу. Промывка длится 5...7 мин.

Скорые фильтры быстро и вполне удовлетворительно очищают воду. Суточный расход их довольно высокий — 100 м³ с 1 м² площади фильтра.

Обеззараживание воды. При отстаивании и фильтровании вода значительно очищается, но нет гарантии, что все микроорганизмы

и болезнетворные бактерии из нее полностью удалены. Даже на самых хороших очистных сооружениях часть бактерий и микроорганизмов проходит через фильтры. Окончательное удаление микроорганизмов из воды осуществляется путем обеззараживания (дезинфекция). В настоящее время на всех очистных сооружениях, когда водный источник недостаточно надежен в санитарном отношении, проводят его обеззараживание. Обеззараживанию подвергают воду, прошедшую стадию очистки — коагулирование, отстаивание и фильтрование. В отдельных случаях дезинфекцию воды применяют как единственный самостоятельный прием очистки воды — при использовании подземных вод, ненадежных в санитарном отношении. Обеззараживание воды осуществляется хлорированием, озонированием, бактерицидным облучением и др.

Хлорирование воды заключается во введении в воду хлора или хлорной извести. При хлорировании полностью уничтожаются болезнетворные бактерии. При этом очень важно правильно установить дозы хлора. При проектировании обеззараживающих установок дозы хлора устанавливают, исходя из необходимости очистки воды в периоды наибольшего загрязнения (весенние паводки и др.).

Показателем достаточности хлора в воде служит содержание в ней так называемого остаточного хлора, то есть оставшегося от введенной дозы после окисления находящихся в воде веществ. По ГОСТ 2874—73 концентрация остаточного хлора в воде перед подачей ее потребителю должна находиться в пределах 0,3... 0,5 мг/л.

Для обеззараживания речной воды дозы хлора колеблются от 1 до 3 мг/л, а при хлорировании подземных вод — не более 1... 1,5 мг/л. На очистные станции жидкий хлор поступает в металлических баллонах, из них его переводят в специальные приборы-хлораторы для смешивания с водой. Полученную хлорную воду подают в обрабатываемую воду. После хлорирования в воде остается неприятный запах, который постепенно уменьшается. Для снижения запаха хлора воду потребителю подают спустя 2 ч после хлорирования.

Хлорирование воды хлорной известью применяют на очистных станциях производительностью до 3000 м³/сут. При этом используют хлорную известь с содержанием активного хлора 25...30%. Раствор хлорной извести готовят в специальных баках, где смешивают ее с водой. В результате смешивания образуется известковое молоко, которое подается в рабочие баки. В них известковое молоко разбавляют водой до получения раствора концентрации 1...2%. Приготовленный раствор хорошо перемешивается механическими мешалками. Из рабочего бака хлорная вода с помощью дозировочных устройств подается в обрабатываемую воду.

Озонирование воды в настоящее время получило широкое распространение. Озон обладает высоким бактерицидным свойством, и при пропускании через воду озонированного воздуха, то есть

воздуха, в котором кислород частично переведен в трехатомную форму (O_3), происходит надежное ее обеззараживание (после ее осветления). Озон имеет ряд преимуществ по сравнению с хлором. Его получают непосредственно на станциях очистки воды, при озонировании вкусовые качества воды не ухудшаются и не появляются посторонние запахи. Озон токсичен, поэтому в помещениях, где находятся люди, его содержание не должно превышать $0,00001$ мг/л.

Для получения озона на очистных станциях устанавливают озонаторы. При тихом электрическом разряде в воздухе озонатора получается озон. Атмосферный воздух, забираемый озонатором для производства озона, должен быть чистым от пыли и сухим. При влажном воздухе увеличивается расход электрической энергии для получения озона. Электрический ток к озонатору подается через трансформатор. Смешивание воды с озоном происходит в смесителях (контактные резервуары). Озонированная вода затем отводится в бак чистой воды, откуда подается в водопроводную сеть. Дозы озона при озонировании колеблются от $0,6$ до $3,5$ мг/л (Н. Н. Абрамов).

Озонирование в настоящее время применяют для обесцвечивания воды, для борьбы с запахами и привкусами в ней, удаления из воды солей железа и марганца.

Бактерицидное облучение воды заключается в уничтожении ультрафиолетовыми лучами находящихся в воде бактерий. Обеззараживание воды бактерицидными лучами проводят на специальных установках, имеющих ртутно-кварцевые или аргонно-ртутные лампы. На этих установках вода тонким слоем обтекает лампы, перемешивается и подвергается облучению и тем самым обезвреживается.

Этот метод обеззараживания воды по сравнению с хлорированием имеет ряд преимуществ. Установка для облучения воды довольно проста в эксплуатации, при облучении не требуется введения в обрабатываемую воду каких-либо реагентов, вкусовые качества при обработке ее бактерицидными лучами не ухудшаются. Стоимость обработки воды бактерицидными лучами не выше стоимости хлорирования. Метод обеззараживания воды бактерицидными лучами пригоден только для осветленной воды с хорошей проницаемостью для лучей; для воды с повышенной мутностью и цветностью этот метод неприемлем.

Обезжелезивание воды проводят при содержании в воде железа более $0,3$ мг/л. Часто в подземных водах содержится железо в форме бикарбоната закиси. Эти соли при соприкосновении с воздухом теряют CO_2 и переходят в водную окись железа, коагулируют, окисляются и выпадают в бурый осадок, придавая при этом плохой вкус воде. Избыток железа удаляют из воды аэрацией. Для этого воду разбрызгивают дождеванием. При разбрызгивании воды мелкие капли во время падения подвергаются химическому воздействию кислорода воздуха. При этом растворимые

соли железа переходят в нерастворимое состояние и выпадают в осадок, который задерживается на песчаных фильтрах. Наиболее универсальным и эффективным способом удаления железа из воды является хлорирование.

§ 140. Нормы водопотребления

При сельскохозяйственном водопотреблении требование к качеству воды и ее количеству аналогичны требованиям при водоснабжении городского населения.

Нормы расхода воды назначают с учетом степени благоустройства населенного пункта. 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, приведены ниже.

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
Здания с водопользованием из водоразборных колонок	30...50

В нормы водопотребления входят расходы воды на хозяйственные нужды в жилых и общественных зданиях и коммунальных учреждениях, обслуживающих население данного сельского поселения.

В стеллажных теплицах и парниках расходы воды на полив составляют 6 л/м², в грунтовых зимних теплицах — 15 л/м² в сутки. Расход воды на полив является сезонным, что следует учитывать при расчете водопотребления.

Нормы расхода воды (л/сут) на одну голову скота, птиц и зверей на сельскохозяйственных фермах и животноводческих комплексах согласно СНиП II-30—76 приведены ниже.

Коровы молочные	100
Коровы мясные	70
Быки и нетели	60
Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до двух лет	30
Телята в возрасте до шести месяцев	20
Лошади рабочие, верховые рысистые и некормящие матки	60
Лошади племенные и кормящие матки	80
Жеребцы-производители	70
Жеребята в возрасте до 1½ лет	45
Овцы взрослые	10
Молодняк овец	6
Хряки-производители, матки взрослые	25
Свиноматки с поросятами	60
Свиноматки супоросные, холостые	25
Поросята-отъемыши	5
Ремонтный молодняк	15
Свиньи на откорм	15
Куры	1
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 на голову, в зависимости от способа удаления.

Норму расхода воды машинами (на охлаждение двигателей, мойку и уход за машинами) принимают из расчета, что на заправку водой одного трактора или комбайна требуется до 1 л/сут воды на каждую лошадиную силу (0,736 кВт) двигателя, установленного на них, на автомобили — 10 л/сут на 1 т ее грузоподъемности.

Для мойки машин норма расхода воды составляет 400...500 л при грузоподъемности до 3 т, тракторов — 300...600 л. На ремонт одного автомобиля или трактора требуется 1 м³/сут.

На промышленных сельских предприятиях норму расхода воды устанавливают, исходя из объема выработанной продукции. Так, на молочных заводах на переработку 1 т молока надо 10...15 м³ воды, на консервных заводах на 1 т перерабатываемых овощей необходимо 10...15 м³ воды, на сыроваренных и маслодельных заводах на производство 1 т продукции требуется 35...40 м³, в хлебопекарнях на выпечку 1 т хлеба — 1,7 м³ воды.

Кроме расходов воды на технологию производства, на промышленных предприятиях учитывают также хозяйственно-питьевые потребности из расчета 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 м³ бетона расходуется 2...2,5 м³, на кладку 1000 кирпичей — 110...120 л воды.

Расход воды на наружное пожаротушение и расчетное число одновременных пожаров в населенных пунктах, принимаемые согласно СНиП II-31—74, приведены в таблице 42.

Т а б л и ц а 42. Расходы воды на противопожарные нужды

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное число одновременных пожаров	Расходы воды на наружное пожаротушение, л/с на один пожар	
		здания высотой до двух этажей включительно независимо от степени их огнестойкости	здания высотой в три этажа и выше независимо от степени их огнестойкости
До 5	1	10	10
До 10	1	10	15
До 25	2	10	15
До 50	2	20	25
До 100	2	25	35

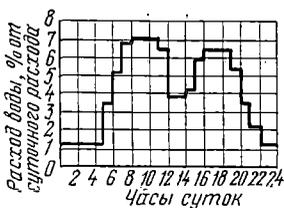


Рис. 101. График суточного расхода воды.

В течение суток и по отдельным сезонам потребление воды отдельными группами потребителей (жилищно-коммунальный, животноводческий, производственно-хозяйственный) сильно меняется. По материалам многолетних наблюдений за расходом воды для отдельных групп водопотребителей составляют графики режима водопотребления (рис. 101).

Все элементы системы водопотребления (насосные станции, пропускная способность очистных сооружений и трубопроводы) рассчитывают на расход воды, который может ожидаться в течение суток, а также в часы наибольшего водопотребления. Такой расход рассчитывают с учетом срока службы системы водоснабжения, который устанавливают по согласованию с хозяйством, для которого сооружают данную систему водоснабжения. Он не превышает 12...15 лет.

Зная число групп, численность каждой группы водопотребителей n_i и среднесуточную норму водопотребления m_i , можно определить среднесуточный расход воды $Q_{\text{ср.сут}}$ ($\text{м}^3/\text{сут}$).

$$Q_{\text{ср.сут}} = \sum n_i m_i.$$

Система водоснабжения должна надежно обеспечивать водой всех водопотребителей, поэтому ее рассчитывают по максимальному и минимальному суточным расходам. Согласно СНиП II-31—74, их рассчитывают по следующим формулам:

$$Q_{\text{сут.мах}} = K_{\text{сут.мах}} Q_{\text{сут.ср}};$$

$$Q_{\text{сут.мин}} = K_{\text{сут.мин}} Q_{\text{сут.ср}},$$

где $Q_{\text{сут.мах}}$, $Q_{\text{сут.мин}}$ — максимальный и минимальный суточные расходы; $K_{\text{сут.мах}}$, $K_{\text{сут.мин}}$ — максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности, представляющие собой отношение соответственно максимального и минимального суточных расходов к среднесуточному расходу воды. Значение этих коэффициентов принимают: $K_{\text{сут.мах}} = 1,1 \dots 1,3$; $K_{\text{сут.мин}} = 0,7 \dots 0,9$.

Расчетные часовые расходы определяют по формулам

$$q_{\text{ч.мах}} = K_{\text{ч.мах}} \frac{Q_{\text{сут.мах}}}{24};$$

$$q_{\text{ч.мин}} = K_{\text{ч.мин}} \frac{Q_{\text{сут.мин}}}{24},$$

где $q_{\text{ч.мах}}$, $q_{\text{ч.мин}}$ — максимальный и минимальный часовые расходы; $K_{\text{ч.мах}}$, $K_{\text{ч.мин}}$ — максимальный и минимальный коэффициенты часовой неравномерности.

Коэффициенты часовой неравномерности показывают, во сколько раз максимальный или минимальный часовые расходы превышают среднесуточный расход. При этом принимается, что

максимальный часовой расход относится к периоду наибольшего, а минимальный — наименьшего водопотребления.

Коэффициенты часовой неравномерности водопотребления $K_{ч}$ определяют по следующим формулам:

$$K_{ч.\max} = \alpha_{\max} \beta_{\max};$$

$$K_{ч.\min} = \alpha_{\min} \beta_{\min};$$

где α — коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятия и другие местные условия. Он принимается: $\alpha_{\max} = 1,2 \dots 1,4$; $\alpha_{\min} = 0,4 \dots 0,6$; β — коэффициент, берется в зависимости от числа жителей в поселке и принимается по таблице 43.

Таблица 43. Значение коэффициентов β_{\max} и β_{\min}

Коэффициент	Число жителей в поселке, тыс.							
	До 1	1,5	2,5	4	6	10	20	50
β_{\max}	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	1,2	1,15
β_{\min}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6

Коэффициент часовой неравномерности $K_{ч}$ для благоустроенных поселков равен 1,4...1,6, для небольших поселков (отделений) 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.

Принято, что расход воды в течение часа бывает постоянным, поэтому расчетный секундный расход в час максимального и минимального водопотребления подсчитывают следующим образом:

$$q_{\max} = \frac{Q_{ч.\max} 1000}{3600} = \frac{Q_{ч.\max}}{3,6};$$

$$q_{\min} = \frac{Q_{ч.\min}}{3,6}.$$

Глава 23. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДОПОДЪЕМНИКИ

§ 141. Использование открытых водных источников для водоснабжения

В качестве открытых водных источников в сельской местности служат реки, ручьи, пруды и водохранилища. Реки и ручьи в значительной степени питаются грунтовыми водами, и поэтому они отличаются довольно выравненным режимом расходов воды. Пруды и водохранилища, питающиеся поверхностным стоком, являются менее надежным источником водоснабжения, так как их накопление зависит от весеннего паводка. Поэтому водохранилища (или пруды) для водоснабжения целесообразно устраивать на

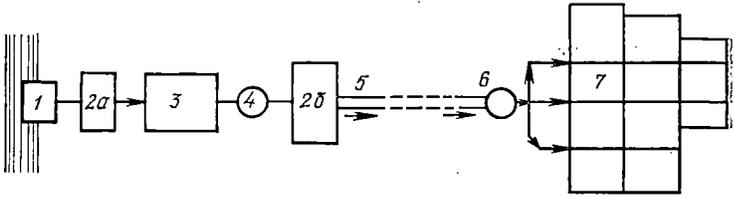


Рис. 102. Общая схема водоснабжения из реки:

1 — водоприемное сооружение; 2а, 2б — насосная станция первого и второго подъема; 3 — очистные сооружения; 4 — сборный резервуар; 5 — водонапорная башня; 6 — водовод; 7 — сеть труб, разводящих воду к потребителям.

реках и ручьях при годовом расходе этих водотоков, превышающем годовое водопотребление.

При заборе воды с целью водоснабжения из открытых источников для защиты их от загрязнения обязательно устанавливают зону санитарной охраны. Место забора воды должно быть выше населенного пункта. Возможность сброса в источник сточных вод животноводческих ферм, жилых домов, а также промышленных предприятий должна быть совершенно исключена. От некоторой части загрязнений, попавших в реку выше зоны санитарной охраны, вода постепенно самоочищается; содержащиеся в воде органические вещества под действием кислорода (его в речной воде в нерастворенном состоянии 4...10 мг/л) окисляются и минерализуются. Окислению органических веществ также способствуют находящиеся в воде аэробные микроорганизмы, но процесс самоочищения проходит очень медленно. Поэтому при заборе воды

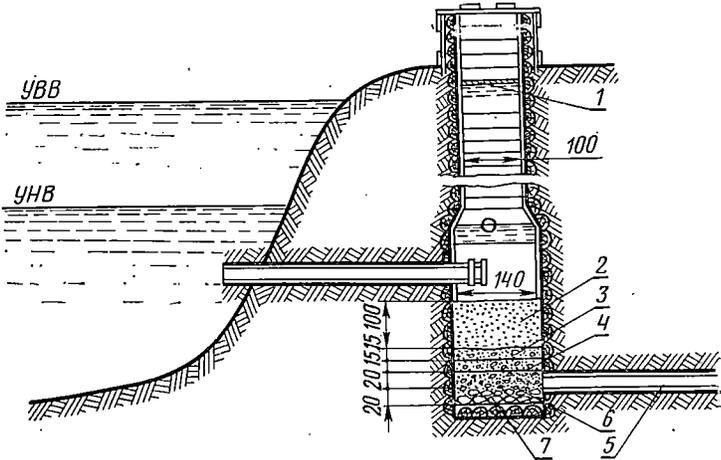


Рис. 103. Колодец-фильтр:

1 — настил из досок; 2 — песок; 3 — крупный песок; 4 — мелкий гравий; 5 — труба к водопроводу; 6 — крупный гравий; 7 — булыжник.

из открытых источников для водоснабжения необходимо проводить дополнительную очистку в гравийно-песчаных фильтрах.

Забор воды из реки устраивают там, где глубина в меженный период бывает не менее 2,5 м, русло реки в этом месте не должно иметь отмелей, берега реки должны быть устойчивыми. К месту водозабора должен быть удобный подъезд. 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, огораживают железной решеткой для задержания крупных предметов. Сетка, установленная на оголовке трубы, задерживает мелкие растительные частицы и мусор. По трубе вода подается к насосу, который забирает ее из трубы и подает в песчано-гравийные фильтры для осветления. Далее вода улучшается химическими реагентами и подается в водозаборный бак, откуда поступает в водопроводную сеть. Общая схема водоснабжения из реки приведена на рисунке 102 (по Н. Н. Абрамову).

Схема водоснабжения может сильно меняться в зависимости от характера источника водоснабжения, качества воды, расположения водного источника и других природных условий и по экономическим соображениям.

В небольших населенных пунктах при заборе речной воды для водоснабжения очистку ее проводят в колодцах-фильтрах (рис. 103).

Колодец-фильтр состоит из водоприемника, самотечной трубы, фильтровальной и водозаборной шахт. Водоприемник представляет собой камеру из шпунтовых досок или бетонных плит с отверстиями для прохода воды. Снаружи водоприемную камеру обсыпают булыжником, который задерживает крупные наносы и мусор, находящийся в воде. Из водоприемника вода по самотечной трубе проходит в фильтровальную шахту, в нижней части которой отсыпан песчано-гравийный фильтр. Сверху фильтр отсыпан мелким речным песком слоем 100 см, ниже слоями в 15...20 см уложены крупный песок, мелкий и крупный гравий. Вода, пройдя через фильтр, достаточно хорошо очищается и по трубе течет в водозаборную шахту.

При использовании для водоснабжения водохранилищ и прудов их полезная водоотдача должна быть не меньше объема водопотребления.

На прудах и водохранилищах устанавливают санитарную охрану. Их обсаживают лесными полосами, защищают от сброса сточных вод с населенных пунктов и животноводческих ферм. В этих водоемах запрещено стирать белье, замачивать и расстилать по берегу лен и коноплю, выпасать скот, уток и гусей. Прибрежная полоса шириной 80...100 м должна быть залужена или залесена. В зимний период для улучшения условий аэрации в водоемах устраивают проруби. Пруды периодически очищают от ила, расчищают и углубляют места мелководья. На прудах и водохранилищах, служащих источником водоснабжения, мелководье

(глубиной менее 2 м) не должно превышать 15...20% площади зеркала пруда.

Пруды и водоемы довольно быстро зарастают, заиляются и зацветают. Зарастание прудов травянистой растительностью начинается от берегов. Ежегодно на 1 га пруда при отмирании растительности откладывается не менее 8 т сырого органического вещества. От этого пруды мелеют, ухудшается их санитарное состояние, и следовательно качество воды.

Для борьбы с зарастанием рекомендуется в мае скашивать траву, в июне — выкашивать косами с лодки, а также углублять дно в местах мелководья.

§ 142. Использование подземных вод для водоснабжения

Подземные воды залегают на различных глубинах от поверхности земли и в различных геологических условиях. Подземные воды глубоких водоносных горизонтов, покрытые сверху водонепроницаемыми породами, обладают высокими питьевыми санитарными качествами и поэтому особенно ценны для сельскохозяйственного водоснабжения. Для целей водоснабжения используют артезианские и родниковые (ключевые) воды, то есть подземные воды, выходящие на поверхность земли под действием напора в водоносном горизонте. Часто используют для этих целей воды верхних водоносных горизонтов, образовавшиеся на первом водоупорном слое, покрытом сверху водонепроницаемыми почвогрунтами.

Примерная схема условий залегания подземных вод приведена на рисунке 104.

Для определения глубины залегания водоносных горизонтов, их притока (дебита) проводят гидрогеологические изыскания, которые сводятся к закладке нескольких (2...3) буровых (разведочных) скважин (трубчатых колодцев). По скважинам устанавливают положение грунтовых вод.

При закладке трубчатого колодца в водоносном слое, с доведением дна колодца до водоупора (в совершенном колодце), приток воды к колодцу определяют по формуле

$$Q = 1,36K \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r}},$$

где Q — приток воды из водоносного слоя в колодец; K — коэффициент фильтрации грунта, м/с; R — радиус сферы действия колодца (радиус влияния) ориентировочно равен: в мелких песках 50...100 м, в песках средней крупности 100...300 м, в крупных песках 300...400 м, в гравелистом песке 400...600 м, в мелкой гравии 400...600 м, в средней гравии 600...1500 м и в крупном гравии 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.

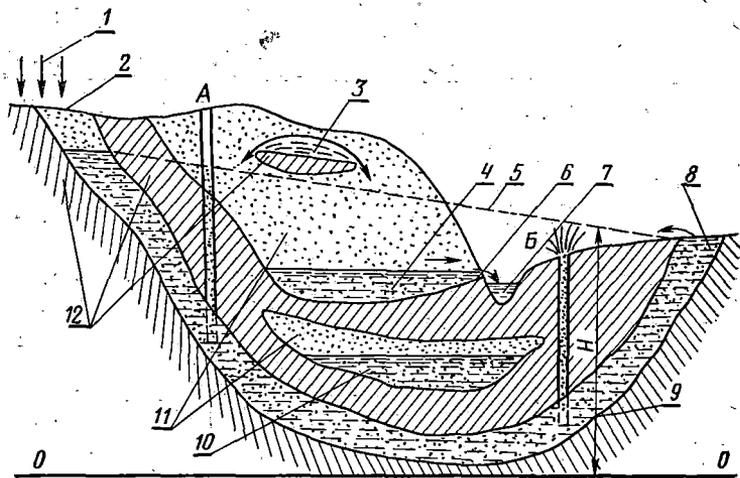


Рис. 104. Схема залегания подземных вод:

1 — осадки; 2 — зона питания артезианских вод; 3 — верховодка; 4 — грунтовые воды; 5 — пьезометрическая линия; 6 — нисходящий источник; 7 — река; 8 — зона разгрузки напорных вод; 9 — межпластовые напорные (артезианские) воды; 10 — межпластовые безнапорные воды; 11 — водопроницаемые грунты; 12 — водоупорные породы; А, Б — артезианские скважины.

Радиус влияния определяют по формуле И. П. Кусакина:

$$R = 575S \sqrt{HK},$$

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 и горизонтальных водозаборных сооружений (траншеи, галереи и др.) и буровых скважин.

§ 143. Шахтные колодцы

Шахтные колодцы — наиболее распространенные виды сооружений по добычанию воды. Их число в нашей стране исчисляется сотнями тысяч. Колодцы устраивают главным образом для забора воды из неглубокозалегających водоносных слоев, имеющих малый дебит (приток к колодцу). В настоящее время шахтные колодцы рекомендуется сооружать для забора воды из водоносных слоев при глубине их залегания не более 10...20 м. При более глубоком залегании водоносного пласта целесообразно закладывать буровые скважины.

Шахтный колодец состоит из трех частей: шахты, или ствола, — части колодца от поверхности земли до верхней границы водоносного пласта; водоприемника (заглубленной части колодца в

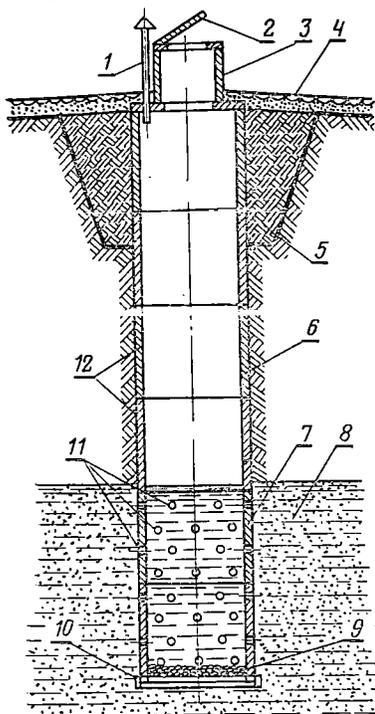


Рис. 105. Шахтный колодец с креплением железобетонными кольцами:

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.

водоносный пласт) и оголовка — наземной части, возвышающейся над поверхностью земли на 0,8...1 м.

Шахтные колодцы защищают от возможных загрязнений, попадающих в него поверхностных сточных вод и др. Поэтому вокруг сруба или оголовка колодца из мятой жирной, хорошо утрамбованной глины устраивают замок глубиной 1,5...2 м и шириной 1 м. Сверху вокруг колодца шириной 2 м делают мостовую или асфальтовое покрытие с уклоном от колодца 0,1.

Шахту колодца крепят деревянным срубом, камнем, кирпичом, бетонными или железобетонными кольцами. В стенках водоприемной части колодца делают отверстия для поступления воды в колодец.

В целях защиты колодца от попадания частиц водоносной породы отверстия заполняют песком и гравием (рис. 105). Для защиты от заплывания водоприемной части и взмучивания воды при ее заборе дно колодца засыпают крупным песком, а затем мелким и крупным гравием общим слоем 0,3 м.

В настоящее время работы по сооружению шахтных колодцев широко механизированы. Копатели КШК-30А и КШС-40 обеспечивают рытье колодцев на глубину до 30...40 м.

Машину КШК-30А применяют для рытья шахтных колодцев в мягких и средней плотности грунтах. Она состоит из автоприцепа, на котором расположена вышка высотой 3 м, бура и приспособления для спуска обсадных колец в шахту. Бур представляет собой полый цилиндр диаметром 750 мм. На дне цилиндра установлены режущие ножи, в верхней части цилиндра — расширители, которые при работе бура увеличивают диаметр шахты до 1250 мм.

Разрабатываемый почвогрунт при работе бура попадает в него через дно и сверху. При наполнении цилиндра бура его поднимают наверх и освобождают от грунта.

При рытье колодца в рыхлых грунтах при углублении шахты на 2 м ее крепят бетонными или железобетонными кольцами.

Рис. 106. Схема буровой скважины:

1 — шахта; 2 — устье; 3 — оголовок; 4 — обсадные трубы; 5 — эксплуатационная колонка; 6 — фрезер; 7 — водоносный пласт; 8 — фильтр; 9 — отстойник.

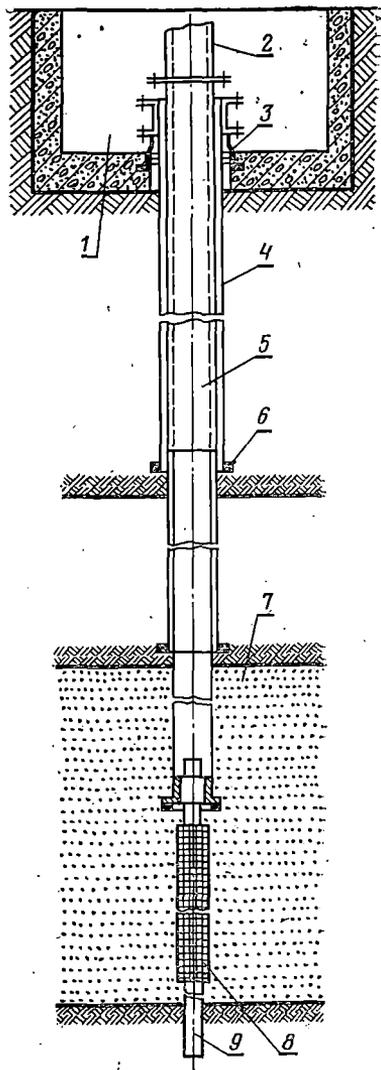
Опускание колец в шахту осуществляется с помощью трех ручных лебедок. В связных грунтах сначала проводят бурение шахты на полную глубину, а после этого ее крепят.

Копатель КШК-30А при рытье колодца в целях увеличения дебита колодца заглубляют в водоносный пласт на 4...6 м. Производительность агрегата при проходке шахты составляет 1...1,2 м/ч. Более производительный копатель — КШС-40 обеспечивает проходку шахты со скоростью 1,6...1,8 м/ч с диаметром ствола шахты 1300 мм.

§ 144. Трубчатые буровые колодцы (скважины)

Трубчатые колодцы (скважины) применяют при заборе воды из глубокозалегающих и значительной мощности водоносных пластов (рис. 106). Их устраивают бурением в толще земли вертикальной скважины. В рыхлых грунтах скважины закрепляют обсадными, главным образом стальными, трубами. Обсадные трубы образуют трубчатый колодец. Ниже обсадных труб в пределах водоносного пласта устанавливают фильтры, через отверстия в их стенках вода из грунта поступает в колодец. В сельскохозяйственном водоснабжении буровые скважины чаще всего закладывают на глубину 50...180 м. Диаметры буровых колодцев в зависимости от глубины их и бурового оборудования изменяются от 100 до 200 мм, а иногда 250 мм. Дебит буровых колодцев в зависимости от мощности водоносного пласта и диаметра колодца колеблется от 0,5 до 35 м³/ч.

Буровые скважины (колодцы) позволяют добывать из глубоких водоносных пластов воду наиболее высокого качества. При нали-



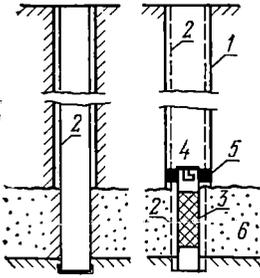


Рис. 107. Схема буровой скважины при неглубоком залегании водоносного пласта:

1 — обсадная труба; 2 — вторая обсадная труба меньшего диаметра; 3 — фильтр; 4 — замок во второй обсадной трубе; 5 — сальник; 6 — водоносный слой.

чи выше водоносного пласта непроницаемых стенок грунта полностью исключается проникновение в них поверхностных загрязненных вод.

Конструкция буровой скважины (колодца) зависит от глубины залегания водоносного горизонта, характера проходимых при бурении скважины пород, а также от способов бурения.

При неглубоком залегании водоносного пласта стенки скважины при бурении закрепляют стальной обсадной трубой (рис. 107), которую опускают до верхней границы водоносного горизонта. В обсадную трубу опускают вторую обсадную трубу, диаметр которой несколько меньше диаметра первой. Продолжая бурение скважины, вторую трубу опускают до нижней границы водоносного горизонта и несколько заглубляют в подстилающий водоупорный слой. После этого с помощью штанг и специальных замков во вторую трубу опускают фильтр, который представляет собой трубу диаметром, меньшим, чем вторая труба, с дырчатыми или щелевыми отверстиями. Фильтр защищает буровую скважину от занесения в нее вместе с водой частиц грунта из водоносного пласта. После установки фильтра в буровую скважину вторую трубу поднимают на поверхность земли, а кольцевое пространство между стенками обсадной трубы и фильтром уплотняют устройством сальника. При глубоком залегании водоносного горизонта достигнуть его одной обсадной трубой нельзя ввиду значительного возрастания сопротивления грунта стенок скважины на обсадную трубу. В этом случае бурение скважины осуществляется с помощью нескольких обсадных труб с постепенным уменьшением их диаметра. Сначала при бурении на глубину 7...12 м опускают обсадную трубу наибольшего диаметра. Эта труба является направляющей для обеспечения правильного вертикального положения скважины (Н. Н. Абрамов). При дальнейшем бурении опускают вторую обсадную трубу ближайшего меньшего диаметра. Если второй обсадной трубой не достигнута требуемая глубина скважины, в нее опускают третью трубу еще меньшего диаметра, и так продолжается бурение с постепенным уменьшением диаметра скважины и обсадных труб. Самую нижнюю трубу заглубляют в водоносный горизонт и в ней устанавливают фильтр, затем ее подтягивают на высоту верхнего конца фильтра. Остальные обсадные трубы, кроме верхней, труборезом обрезают изнутри в стыке с последующей трубой. Кольцевые пространства в стыках тампонируют цементным раствором. Буровая скважина при этом приобретает телескопический вид (рис. 108).

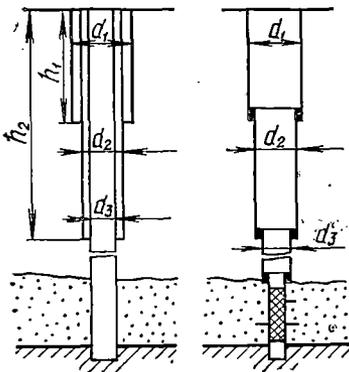
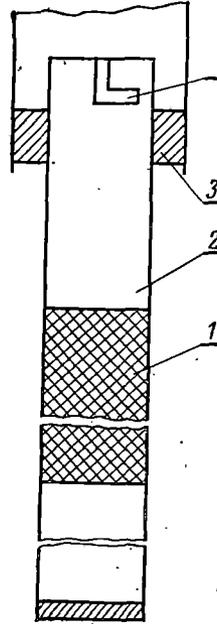


Рис. 108. Буровая скважина при глубоком залегании водоносного пласта.

Рис. 109. Фильтр буровой скважины:

1 — рабочая часть, через которую поступает вода; 2 — надфильтровая часть с замком; 3 — сальник.



Буровая скважина имеет водопроницаемую часть (фильтр), ствол — глухую часть скважины, по которой поднимается вода, и устье, которое расположено в специальном павильоне (шахте или оголовке).

Фильтр состоит из трех частей: рабочей части (рис. 109), верхней надфильтровой глухой части с замком и глухой части (отстойника). Через рабочую часть фильтра вода из водоносного горизонта поступает в скважину. Замок в надфильтровой части служит для опускания и установки фильтра. В нижней части фильтра — отстойнике осаждаются мелкие частицы грунта, прошедшие из водоносного пласта вместе с водой через рабочую часть фильтра. Конструкций фильтров очень много, но наиболее часто применяют сетчатые. Их изготовляют следующим образом: на трубчатый или стержневой каркас спирально наматывают проволоку. Между витками проволоки оставляют зазоры в 5...10 мм. На витки проволоки накладывают сетку. Каркас фильтра, выполненный из трубы с круглым или щелевым отверстием, называется трубчатым каркасом. Стержневые каркасы фильтров изготовляют из отдельных стальных стержней, между которыми оставляют продольные отверстия — щели.

Сетки изготовляют из латунной проволоки с различным плетением (квадратное, галунное и др.).

Большим недостатком латунных сетчатых фильтров является то, что отверстия сетки фильтра могут закупориваться мелкими

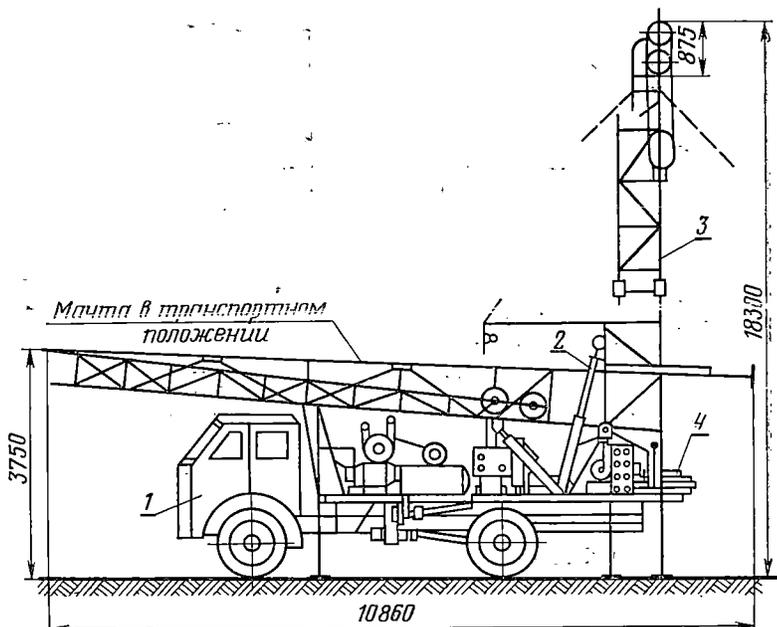


Рис. 110. Буровая машина БА-15В:

1 — автомобиль МАЗ-500; 2 — гидродомкрат; 3 — мачта; 4 — ротор.

частицами песка. Поэтому в настоящее время для увеличения срока службы фильтров вместо латунной сетки начинают широко применять пластмассовые, а также сетки из нержавеющей стали (Н. Н. Абрамов).

Место для закладки буровой скважины выбирают по материалам гидрогеологических обследований местности с обязательным учетом санитарно-гигиенических требований. Буровые скважины должны быть надежно защищены от возможного загрязнения. Их располагают за пределами балок и оврагов, затопляемых полыми водами площадей и загрязненных территорий.

Бурение скважин для водоснабжения проводят ручным и механическим способами. Ручной способ применяют при бурении неглубоких скважин (до 30..40 м) в благоприятных гидрогеологических условиях. Неглубокие скважины (до 8..10 м) диаметром до 100 мм бурят вручную без применения вышек. При бурении глубоких скважин используют специальную буровую вышку с лебедкой. При проведении буровых работ применяют различные типы буровых наконечников.

В мягких устойчивых грунтах (глинистые и суглинки, супесчаные и влажные пески) применяют буровую ложку при бурении скважины, в вязких грунтах с камневодными включениями (глины, суглинки, влажный мел) — спиральный бур или змеевик

(В. С. Мисинёв): В твердых породах бурение осуществляется буровым долотом.

Мелкую разбуренную породу из скважины извлекают желонкой. Этим же наконечником проводят бурение в рыхлых и сыпучих грунтах. Желонка имеет шаровой или плоский клапан. Это позволяет использовать ее для извлечения рыхлой раздробленной породы из-под воды. Желонку опускают в скважину на штанге или тросе. При ударе желонкой несколько раз (обычно 5...8) она наполняется разжиженной породой и затем извлекается из скважины.

В настоящее время бурение скважин на воду осуществляется преимущественно механическим способом. При этом применяют самоходные буровые установки УРБ-ЗАМ, УРБ-2А и БА-15В. Наиболее совершенной является установка БА-15В (рис. 110), которая может проводить бурение на воду на значительную глубину — до 500 м при начальном диаметре скважины 490 мм.

§ 145. Водоподъемники

Затраты на забор и подъем воды из водных источников бывают значительными и колеблются от 30 до 50% всех затрат на работы по добычанию воды. Выбор типа водоподъемного оборудования проводят с учетом типа водного источника (реки, озера, водохранилища, шахтные колодцы, буровые скважины и др.), дебита скважины, глубины воды и изменения уровня воды в источнике.

В летний период водопой скота организуют непосредственно на берегу пруда с устройством пологих подходов к урезу воды водоема. Бессистемный водопой без специально устроенных для скота подходов к пруду приводит к сильному обрушению откосов берегов балки, выбиванию дернины. Обрушенный грунт берега балки попадает в пруд и способствует быстрому заилению и загрязнению его. Берега, лишенные дернины, подвергаются более сильному воздействию талых вод в период паводка и выпадения ливневых дождей.

В целях сохранения берегов пруда от разрушения водопой скота следует организовать ниже пруда, со стороны сухого откоса плотины. В этом месте устанавливают водопойные корыта с подводом к ним воды из пруда с помощью сифона через гребень плотины.

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. Он снабжен обратным клапаном, открывающимся при работе сифона и закрывающимся при окончании его работы. На сифоне (на гребне плотины) установлен воздушный вентиль для выпуска воздуха из патрубка при заливке сифона. Нижний конец сифона опущен в водопримное корыто. Этот конец снабжен задвижкой или вен-

тилем, с помощью которого можно закрывать или открывать сифон.

Чтобы сифон пустить в действие, его заливают водой. Для этого задвижку сифона закрывают. После этого через верхний патрубок сифон наполняют водой (вручную или насосом). Под действием воды, наполняющей сифон, обратный клапан закрывается. Сифон наполняется до тех пор, пока весь воздух из сифона не будет вытеснен и пока не появится вода в воздушном вентиле. Затем патрубок и воздушный вентиль плотно закрываются, чтобы через них в сифон не мог проникнуть воздух. Для пуска сифона открывают задвижку в нижнем его конце. При ее открытии вода будет вытекать из сифона, но так как в нем нет воздуха, на место вышедшей воды поступит вода, находящаяся в верхней части сифона. Во всем сифоне вода придет в движение, так как он свободно сообщается с водоемом через верхний конец и обратный клапан. Последний откроется, и вода из водоема будет поступать в сифон. Сифон будет непрерывно работать до тех пор, пока в него не попадет воздух, который может создать разрыв текущего в трубе потока воды. Если в сифон попал воздух через стыки труб или вентиль, для последующего пуска сифона необходимо выпустить воздух и снова залить сифон водой. Чтобы остановить сифон, надо закрыть задвижку. Вода в этот момент остановится, обратный клапан, залитый водой, закроется.

Для последующего пуска сифона надо снова открыть его задвижку. При устройстве такого сифона необходимо следить, чтобы стыки труб были воздухонепроницаемы.

Там, где водоснабжение животноводческих ферм ведется из рек и проточных водоемов, для подъема воды может быть использован гидравлический таран. Подача воды с помощью гидравлического тарана осуществляется во многих колхозах Московской и других областей.

При установке тарана необходимо, чтобы вода в реке или в другом водном источнике могла создать в питательной трубе тарана напор около 1 м и более. С увеличением напора воды повышается подача тарана. Для создания напора обычно используют естественный уклон русла реки или местный перепад. Напор воды может быть создан путем сооружения плотины или запруды на реке. Гидравлический таран очень прост по устройству, при эксплуатации не требует постоянного надзора за работой, при автоматическом действии может подавать воду непосредственно к месту ее потребления или в водонапорную башню. Подача гидравлического тарана зависит от расхода воды в водном источнике (дебита) и может достигать при хороших условиях работы 100 м³/сут.

Гидравлический таран состоит из отбойного (ударного), нагнетательного и воздушного клапанов и корпуса тарана. Отбойный клапан представляет собой тарелку, к которой приварен стержень. Масса отбойного клапана регулируется дополнительными грузи-

ками, установленными на стержне клапана. Нагнетательный клапан состоит из резиновой пластины, крышки клапана и нижней шайбы, соединенных между собой болтами. Чугунный воздушный клапан присоединен к корпусу тарана болтами. Внутри клапана имеется патрубок, который поддерживает в колпаке такой уровень воды, чтобы нагнетательный клапан был всегда под водой.

Схема установки гидравлического тарана показана на рисунке 111. Чтобы пустить в работу таран, надо нажать рукой на стержень отбойного клапана. При этом вода из водного источника (реки, ручья, родника, озера и т. д.) устремляется по питательной трубе через отверстия отбойного клапана наружу, набирая при этом скорость.

Достигнув наибольшей скорости, вода скоростным напором давит на тарелку отбойного клапана и приподнимает его вверх (закрывает). От мгновенного закрытия клапана в таране происходит так называемый гидравлический удар, в результате чего под отбойным клапаном и в нагнетательной трубе повышается давление воды. В период гидравлического удара вода приподнимает нагнетательный клапан, входит в воздушный клапан и сжимает находящийся в нем воздух. Под давлением этого сжатого воздуха вода поднимается по водоподъемной (нагнетательной) трубе в водонапорный резервуар.

После гидравлического удара энергия воды будет полностью израсходована на нагнетание ее в воздушный клапан. В питательной трубе понижается давление, вследствие чего открывается отбойный клапан, и вода снова будет входить через отбойный клапан, и снова повторится гидравлический удар. Процесс этот будет продолжаться до тех пор, пока не будет прекращена подача воды по питательной трубе в таран.

Для непрерывной работы гидравлического тарана необходимо, чтобы в колпаке находилось достаточное количество воздуха и были в исправном состоянии отбойный и нагнетательный клапаны. Для этого в таране через каждые 5...7 сут работы из воздушного клапана выпускают набравшуюся воду и заменяют воздухом. Это достигается отвинчиванием имеющихся на колпаке пробок. Таран имеет приспособление для автоматического наполнения колпака воздухом.

При заборе воды из шахтных колодцев применяют водоподъемники-блоки, вóроты с ручками и вóроты с колесом. Блок представляет собой укрепленное на оголовке колодца металлическое или деревянное колесо с желобом по окружности колеса. Через желоб колеса перекидывается веревка, на конце которой привязы-

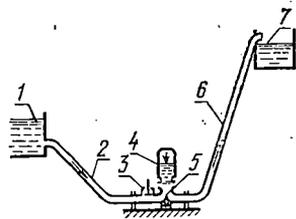


Рис. 111. Гидравлический таран:

1 — водосточник; 2 — питательная труба; 3 — отбойный клапан; 4 — гидравлический таран; 5 — нагнетательный клапан; 6 — нагнетательная труба; 7 — напорный резервуар.

вают ведро. Диаметр блока должен быть в 6...8 раз больше толщины веревки. Этим простейшим водоподъемником забирается вода из шахтных колодцев с глубины до 10 м. Ворот с ручками применяют при подъеме воды из колодцев глубиной до 20 м. При большой глубине (до 30 м) водоподъем осуществляют с помощью вóрота с колесом.

§ 146. Поршневые и центробежные насосы

Для подъема воды из глубоких шахтных колодцев и буровых скважин применяют поршневые и центробежные насосы.

Поршневые насосы. Они состоят из цилиндра, поршня, двигающегося в цилиндре взад и вперед в горизонтальных или вверх и вниз в вертикальных насосах. Поршневые насосы бывают простого (одинарного) и двойного действия.

Схема поршневого насоса одинарного действия приведена на рисунке 112, а. Цилиндр насоса имеет два клапана — всасывающий и нагнетательный. 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, под действием которого вода из водоема через всасывающую трубу подается в рабочую камеру насоса. При ходе поршня вниз в цилиндре насоса давление повышается, при этом всасывающий клапан закрывается, а нагнетательный открывается. Под действием повышенного (в камере поршня) давления, превышающего давление атмосферы, вода через нагнетательный клапан подается в нагнетательную трубу. Этот цикл работы насоса снова повторяется. Высота всасывания насоса определяется атмосферным давлением. Теоретическая высота всасывания насоса 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 колеблется от 8 до 75 м.

Насосы двойного действия обладают большой подачей. Процесс всасывания и нагнетания у них происходит при каждом ходе поршня (рис. 112, б).

Подачу Q (л/мин) простого насоса определяют по формуле

$$Q = \rho \alpha R^2 n h,$$

где α — коэффициент наполнения насоса водой, равный 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 $2Q$ (л/мин).

Довольно широкое распространение получили вертикальные поршневые штанговые насосы при заборе воды из шахтных и

трубчатых колодцев, особенно в сельской местности при малом объеме водопотребления (в отдельных хозяйствах колхозников, рабочих и служащих совхозов), при подъеме воды с глубины не более 6 м. Эти насосы приводятся в действие вручную.

Центробежные насосы. В настоящее время центробежные насосы широко распространены как в водоснабжении, так и в орошении. Они характеризуются простотой устройства и надежностью в работе. По создаваемому напору центробежные насосы делятся на низконапорные, создающие напор в напорном трубопроводе до 30 м, средненапорные с напором от 30 до 60 м

и высоконапорные с напором воды более 60 м. Подаваемый расход воды (подача) выпускаемых отечественной промышленностью центробежных насосов колеблется от 1 л/с и менее до 15 тыс. л/с.

На рисунке 113 приведена классификация центробежных насосов, применяемая в настоящее время. Центробежный насос состоит из металлического корпуса, внутри которого на валу установлено рабочее — лопастное колесо. С помощью двигателя рабочее колесо приводится во вращательное движение. На рабочем колесе имеются спиральные лопасти. При вращении колеса вращательное движение передается воде в насосе (перед пуском насос заливают водой). При быстром вращательном движении под действием центробежных сил вода от центра насоса устремляется к внешней окружности корпуса и далее по его спиральным каналам поступает в напорную трубу. Центробежные силы движения воды в насосе, а затем в напорной трубе преобразуются в напор. Напор определяется частотой вращения рабочего колеса насоса: чем больше оборотов в минуту делает рабочее колесо, тем больший напор создается в напорном трубопроводе. При работе насоса в его корпусе создается разрежение, а на поверхность воды в источнике действует давление в одну атмосферу. Под действием этого давления по всасывающей трубе вода из водного источника поступает в насос. Чтобы в насос вместе с водой не попадал мусор, на конце всасывающей трубы устанавливают всасывающий оголовок с мелкими отверстиями для прохождения воды и задержания мусора. Во всасывающем оголовке установлен приемный клапан для облегчения заливки насоса. При работе насоса приемный клапан открывается и дает возможность свободному току воды. Наличие клапана во всасывающей трубе увеличивает гидравлические сопротивления и снижает высоту всасывания.

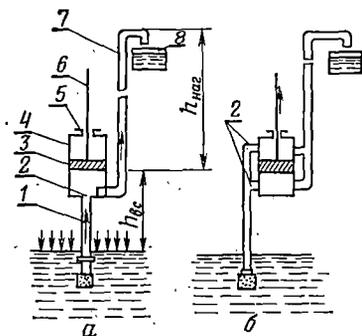


Рис. 112. Схема поршневого насоса:

а, б — одиночного и двойного действия; 1 — всасывающая труба; 2 — всасывающий клапан; 3 — поршень; 4 — цилиндр насоса; 5 — сальник; 6 — штанга поршня; 7 — нагнетательная труба; 8 — резервуар.



Рис. 113. Классификация центробежных насосов.

Центробежные насосы по расположению рабочего колеса бывают горизонтальные и вертикальные. Насосы с одним рабочим колесом называются одноколесными одноступенчатыми. К ним относятся консольные насосы, широко применяемые в практике сельскохозяйственного водоснабжения. Подача их колеблется от 1,25 до 100 л/с при напоре от 8,8 до 98 м; КПД этих насосов изменяется от 0,4 до 0,7.

На рисунке 114 приведена схема установки центробежного насоса. Ниже приведена маркировка наиболее часто употребляемых в сельскохозяйственном водоснабжении и при орошении сельскохозяйственных культур насосов по ГОСТ 10272—73 (К. И. Лысов).

Консольные насосы, обозначаемые буквами К и КМ, имеют следующие марки:

$$aK-Q_{\text{ч}}/H \quad \text{и} \quad aKM-Q_{\text{ч}}/H,$$

где a — диаметр входного патрубка (мм), уменьшенного в 25 раз; K — консольный; KM — консольный моноблочный; $Q_{\text{ч}}$ и H — соответственно подача ($\text{м}^3/\text{ч}$) и напор (м) насоса при максимальном значении η_{max} . Например, насос марки $4K-90/34$ — консольный насос с диаметром входного патрубка 100 мм, подачей воды $90 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напором 34 м.

Одноколесные насосы с двусторонним входом воды на колесо обозначают $Q_{\text{г}}-H$, где Д — двусторонний вход воды; $Q_{\text{г}}$ — подача воды, $\text{м}^3/\text{ч}$; H — напор, м.

Вертикальные консольные насосы обозначают буквой В. В общем виде марка таких насосов имеет вид $\text{Д}_{\text{в}}B-Q/H$, где $\text{Д}_{\text{в}}$ — ди-

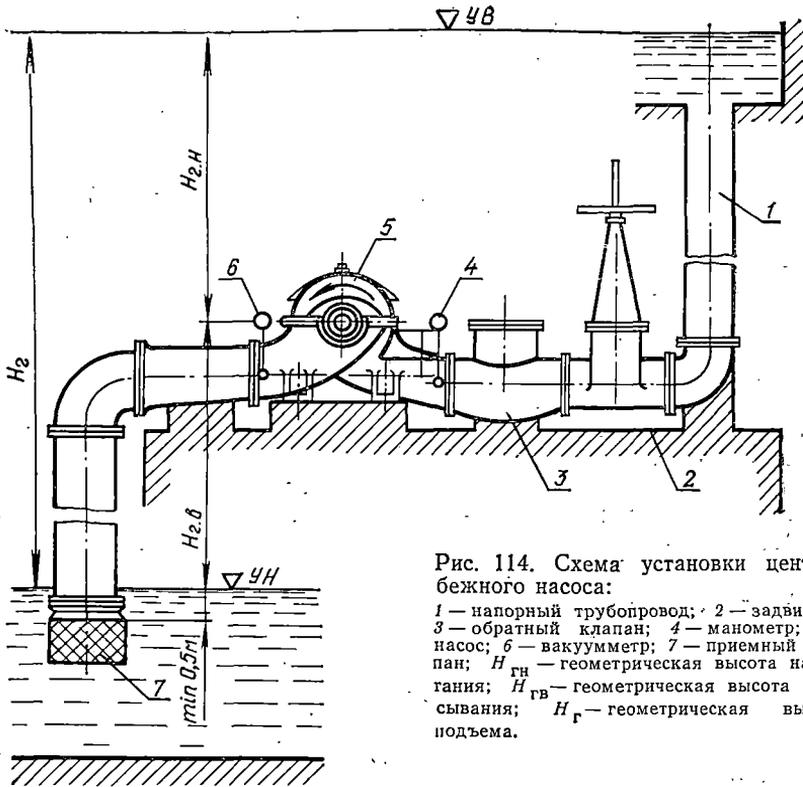


Рис. 114. Схема установки центробежного насоса:

1 — напорный трубопровод; 2 — задвижка; 3 — обратный клапан; 4 — манометр; 5 — насос; 6 — вакуумметр; 7 — приемный клапан; $H_{гв}$ — геометрическая высота нагнетания; $H_{гв}$ — геометрическая высота всасывания; $H_{г}$ — геометрическая высота подъема.

аметр напорного патрубка, мм; V — вертикальный; Q — подача воды, m^3/c ; H — напор, м.

При подъеме воды на значительную высоту обычно применяют многоколесные или многоступенчатые насосы. Многоступенчатые насосы бывают трех типов: многоступенчатые секционные (МС), многоступенчатые спиральные с рабочими колесами одностороннего входа воды (М) и многоступенчатые спиральные, имеющие первое колесо с двусторонним входом воды, а остальные — с односторонним (МД). Многоступенчатые секционные насосы имеют марку ЦНС Q_r-H (ГОСТ 10407—70). Так, ЦНС 180-212 означает ЦНС — центробежный секционный насос, $Q_r=180 m^3/ч$, $H=212 м$ при η_{max} .

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 уровня воды, чтобы не происходило затопления насоса и двигателя при повы-

шении уровня воды во время остановки насоса. В паспорте насосов указывают высоту всасывания, напор, подачу и частоту вращения насоса.

§ 147. Вихревые одноступенчатые насосы

Вихревые одноступенчатые насосы выпускают следующих типов: В — вихревой с проходным валом; ВС — то же, самовсасывающий; ВК — вихревой консольный; ЦВ — центробежный вихревой. Вихревой насос типа ВК с консольным расположением рабочего колеса в настоящее время благодаря простоте конструкции, малой массе и небольшим размерам широко применяют в сельскохозяйственном и промышленном водоснабжении. От центробежных эти насосы отличаются конструкцией рабочего колеса и способом подвода воды. В центробежных насосах вода по всасывающей трубе движется к центру насоса, в вихревых — к периферии корпуса. Вихревые насосы применяют для забора небольших расходов чистой воды и подачи на большую высоту; КПД вихревых насосов ниже, чем центробежных, и колеблется от 0,18 до 0,40.

Насосы типа ЦВ — центрально-вихревые двухступенчатые. На них установлены вихревые центробежные рабочие колеса. Такие насосы применяют для перекачки чистой воды при высоком подъеме — до 190 м. Их выпускают с установкой рабочих колес на горизонтальных и вертикальных валах.

§ 148. Скважинные центробежные насосы

Скважинные центробежные насосы применяют для подъема воды из буровых скважин и колодцев. Они выпускаются промышленностью в полном комплекте с электродвигателем как специальные скважинные насосные агрегаты. Эти насосы бывают двух видов: скважинные насосные агрегаты полупогружные и агрегаты погружного действия.

Полупогружные насосные агрегаты представляют собой комплект, состоящий из погружного центробежного скважинного насоса, соединенного трансмиссионным валом длиной до 100 м с электродвигателем, расположенным над скважиной. Такие насосные агрегаты выпускают трех марок: АТН, где А — артезианский, Т — трансмиссионный, Н — насос; насосный агрегат марки А (артезианский) и ЦТВ, где 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 марки А выпускают с рабочими колесами, имеющими односторонний вход воды. Приведенные марки скважинных погружных насосных агрегатов обеспечивают подачу воды от 4 до 1250 м³/ч при напоре 20...200 м.

§ 149. Скважинные погружные насосные агрегаты

Скважинные погружные насосные агрегаты представляют собой агрегат, в который входят скважинный секционный центробежный насос, электродвигатель, водоподъемные трубы, удерживающие насосный агрегат в скважине в подвешенном состоянии. Насосные агрегаты объединены в единую серию, их обозначают ЭЦВ (рис. 115), где Э — привод от погруженного электродвигателя; Ц — центробежный, В — подача воды.

Электроэнергию к двигателю, размещенному в скважине ниже насоса, подводят сверху по специальному кабелю. Входное отверстие для воды, защищенное сеткой, расположено между двигателем и насосом. 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.

Насосы марки ЭЦВ имеют напор до 600 м и более.

§ 150. Водоструйные установки

Водоструйные установки применяют для подъема воды из шахтных колодцев и буровых скважин диаметром 100, 150 и 200 мм. Конструктивно водоструйная установка включает опущенный в скважину под уровень воды водоструйный аппарат, нагнетательный и водоподъемный трубопроводы и расположенный на поверхности центробежный насос с электрическим или тепловым двигателем.

Подъем воды такой установкой осуществляется следующим образом: при работе центробежного насоса вода подается по напорному трубопроводу, небольшая часть ее

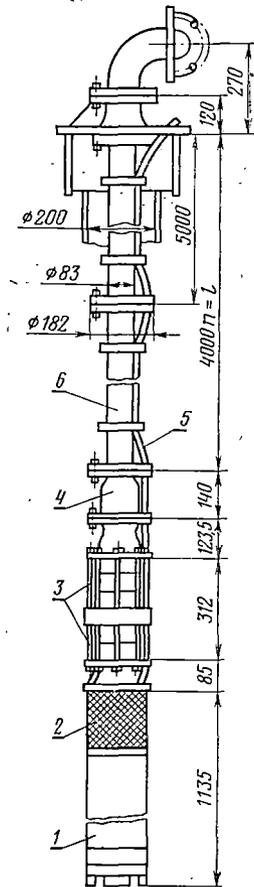
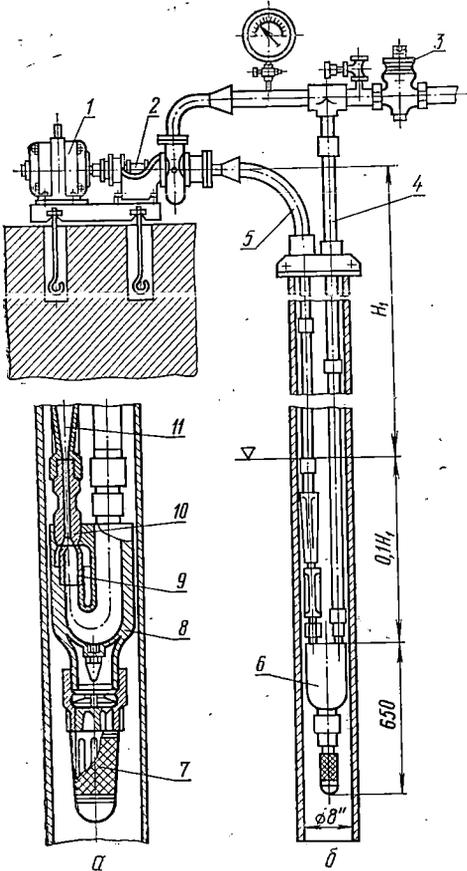


Рис. 115. Общий вид насосного агрегата марки ЭЦВ в артезианском погружном исполнении:

1 — двигатель; 2 — сетка; 3 — насос; 4 — обратный клапан; 5 — кабель; 6 — напорный трубопровод.

Рис. 116. Водоподъемная установка с водоструйным насосом ВН-2-8:

a — водоструйный насос; *б* — общий вид; *1* — двигатель; *2* — насос; *3* — задвижка; *4*, *5* — трубопроводы; *6* — водоструйный насос; *7* — сетка; *8* — корпус; *9* — сопло; *10* — смеситель; *11* — диффузор.



попадает в водоструйный аппарат и, проходя с большой скоростью через сопло этого аппарата, создает разрежение. В результате разрежения вода всасывается из источника (буровой скважины или колодца) и подается по водоподъемной трубе на высоту, достаточную для засасывания ее центробежным насосом. Проходя через насос, вода снова получает напор и подается по напорному трубопроводу, из которого меньшая часть воды снова идет к водоструйному аппарату, а большая — к водопотребителю.

Различные типы водоструйных установок, выпускаемые отечественной промышленностью, применяют для подъема воды из буровых скважин и колодцев с глубины до 70 м. Их подача колеблется от 1,8 до 16 л/с; КПД таких устано-

вок невысок — до 0,35. Несмотря на это, установки имеют большое преимущество перед поршневыми и погружными насосами. У водоструйных установок нет погруженных в скважину механизмов с движущимися частями, и поэтому они более надежны в эксплуатации. Водоструйные установки в 2...3 раза дешевле погружных насосов. На рисунке 116 приведена установка с водоструйным насосом ВН-2-8. Эта установка с центробежным насосом 2К-6 подает расход воды от 1 до 4,5 л/с с глубины до 28 м. Свободный напор над скважиной составляет около 20 м.

В сельскохозяйственном водоснабжении водоструйные установки находят довольно широкое применение.

§ 151. Пневматические водоподъемники или эрлифты

При заборе воды из буровых скважин, колодцев глубиной 50...90 м применяют пневматические водоподъемники или эрлифты. Они просты по устройству и удобны в эксплуатации. Эрлифты

представляют собой трубу, погруженную в буровую скважину на глубину h . В нижний конец трубы нагнетается от компрессора сжатый воздух (рис. 117), при этом образуется смесь воды с воздухом. Объемная масса этой смеси (s) меньше 1, поэтому она поднимается вверх по трубе на высоту $H = h/s$. Подъемная труба эрлифта погружается в воду на глубину, составляющую 40...70 % H . Объемная масса смеси воды с воздухом зависит от количества подаваемого воздуха. На каждый кубический метр поднимаемой воды вводится от 2' до 11 м³ воздуха. Напор колеблется от 15 до 90 м. 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.

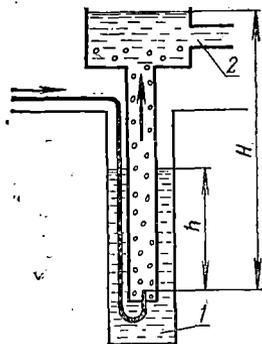


Рис. 117. Схема эрлифта:
1 — вода; 2 — труба для отвода воды.

Недостатком эрлифта является сравнительно низкий КПД (0,20...0,25) и необходимость значительного заглубления нижнего конца водоподъемной трубы под динамический уровень воды в буровой скважине. Это обстоятельство требует бурения глубоких скважин. Эрлифты применяют для подъема воды на поверхность земли из буровых скважин глубиной до 100 м и более.

§ 152. Ветросиловые установки

Над поверхностью земли нашей страны проносятся ветры, механически уловимая энергия которых более чем в 100 раз превышает ее энергетические потребности. Поэтому использование ветровой энергии для подъема воды при сельскохозяйственном водоснабжении и особенно в животноводстве при наличии благоприятных ветровых условий экономически выгодно и целесообразно.

В районах, где среднегодовая скорость ветра составляет 3...4 м/с, применяют тихоходные многолопастные ветродвигатели, а при скоростях ветра 4...9 м/с — быстроходные с малым числом лопастей.

Для подъема воды из шахтных колодцев и буровых скважин глубиной до 50 м используют быстроходные и тихоходные ветродвигатели (рис. 118). Их комплектуют с поршневыми насосами. Такие ветросиловые насосные установки при напоре до 80 м и скорости ветра 5 м/с подают от 1,24 до 7,2 м³/ч.

При заборе воды из шахтных колодцев глубиной до 25 м используют ветроподъемник ВП-3 (рис. 119). Его применяют для подъема воды на пастбищах отгонного животноводства и на полевых станах. Ветроподъемник является многолопастной тихоходной машиной, работает при скорости ветра от 1,6 до 8 м/с. Его

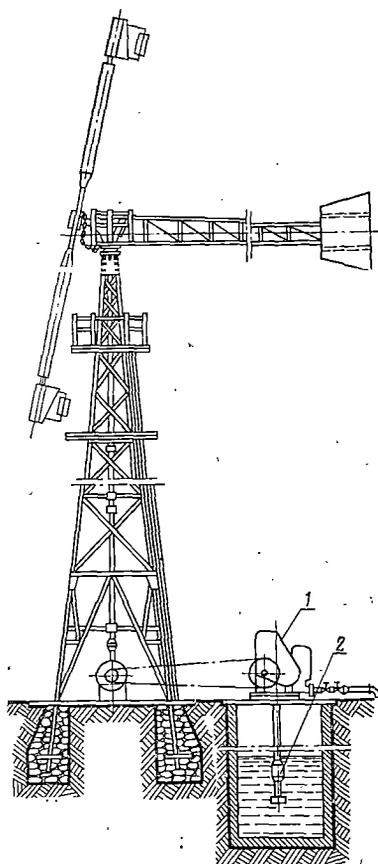


Рис. 118. Установка быстрогоходного ветродвигателя Д-12 и поршневого насоса; 1 — водоподъемная лебедка; 2 — поршневой насос.

подача в зависимости от силы ветра и глубины водозабора колеблется от 0,4 до 3,1 м³/ч. В комплект ВП-3 входят ветряное колесо, хвост, мачта, редуктор, ленточный водоподъемник и опоры.

В настоящее время успешно применяют быстрогоходный двухлопастный водоподъемник. Он работает на больших и малых скоростях ветра при подъеме воды из шахтных колодцев глубиной до 15 м и буровых скважин с диаметром обсадных труб не менее 100 мм. Установка предназначена также и для подъема воды на пастбищах отгонного животноводства, скотопрогонных путях, животноводческих фермах и полевых станах. Ее подача при скорости ветра 5..8 м/с достигает 3 м³/ч. Высота подъема до 35 м.

Правильно запроектированные и построенные ветросиловые водоподъемники при постоянном надзоре и уходе могут бесперебойно снабжать водой населенные пункты и животноводческие фермы. При этом затраты на их эксплуатацию бывают незначи-

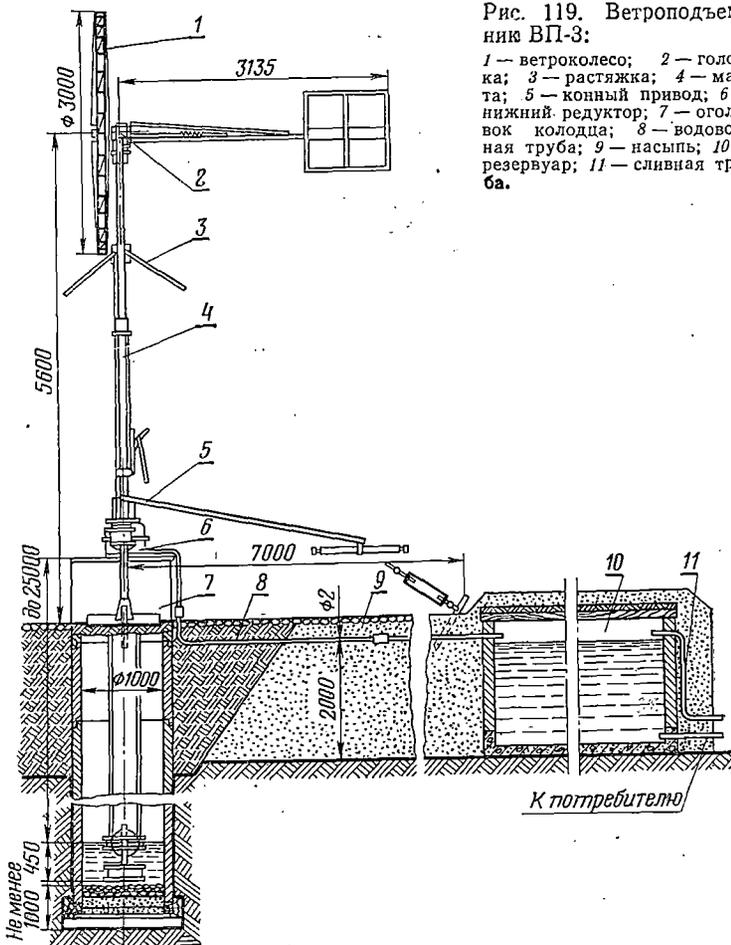


Рис. 119. Ветроподъемник ВП-3:

1 — ветроколесо; 2 — головка; 3 — растяжка; 4 — мачта; 5 — конный привод; 6 — нижний редуктор; 7 — оголовок колодца; 8 — водоводная труба; 9 — насыпь; 10 — резервуар; 11 — сливная труба.

тельными, а себестоимость добытой этими установками воды по сравнению с тепловыми и электрическими двигателями более низкая. При использовании в водоснабжении ветровых двигателей необходимо сооружать запасные напорные и безнапорные емкости, из которых обеспечивается водоснабжение в безветренные периоды.

Глава 24. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ВОДОПРОВОДЫ И КАНАЛИЗАЦИЯ

§ 153. Водопроводы

Воду из источника водоснабжения забирают и доставляют потребителю тремя способами: переноской вручную, перевозкой конным или автомобильным транспортом и подачей воды по трубам с использованием механической энергии.

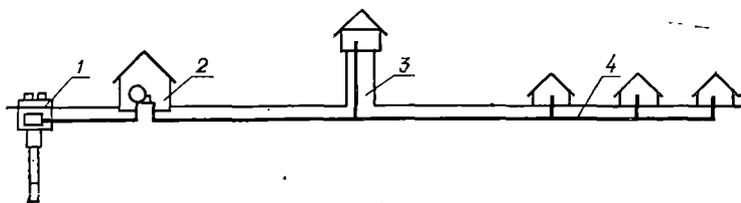


Рис. 120. Схема водопровода из подземного водонисточника:

1 — водозабор (буровая скважина или шахтный колодец); 2 — насосная станция; 3 — водонапорная башня; 4 — водопроводная сеть.

Переноска воды вручную довольно трудоемкая, малопроизводительная и дорогая работа, поэтому она возможна только при малых расходах воды на водопотребление и переноске на короткое расстояние до 100...150 м. Довольно дорога и трудоемка доставка воды на подводах и автомобилях, применяемая только при небольшом и временном водопотреблении, при перевозке воды на расстояние не более 3 км, например на полевых станах, токах и др.

В крупных сельских населенных пунктах все шире применяют механизированную доставку воды по водопроводам. Водоснабжение с применением водопроводов дает более низкую себестоимость доставляемого потребителю 1 м³ воды, в 2...5 раз ниже, чем при перевозке воды автотранспортом. Поэтому в настоящее время в сельских населенных пунктах водопровод становится почти единственной формой доставки воды потребителю.

Схемы водопроводов зависят от характера источника водоснабжения. Водопроводы бывают с подземным или с открытым или поверхностным источником.

Схема водопровода с добытием воды из подземного источника приведена на рисунке 120. Источником водоснабжения в этой схеме могут быть буровые скважины, шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, а также и каптажи ключей и родников. В схему водопровода входят также насосная станция, водонапорная башня и водопроводная сеть.

При добытии воды из поверхностных водных источников схема водопровода бывает сложнее и дороже, так как они в большей

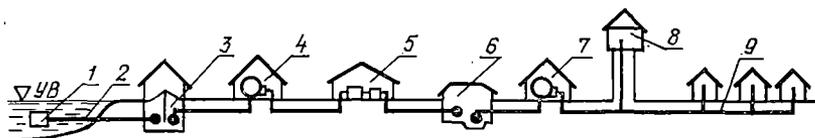


Рис. 121. Схема водопровода из поверхностного водонисточника:

1 — оголовок водозаборной трубы; 2 — самотечная линия; 3 — береговой водозаборный колодец; 4 — насосная станция первого подъема; 5 — водоочистные сооружения; 6 — подземный резервуар чистой воды; 7 — насосная станция второго подъема; 8 — водонапорная башня; 9 — водопроводная сеть.

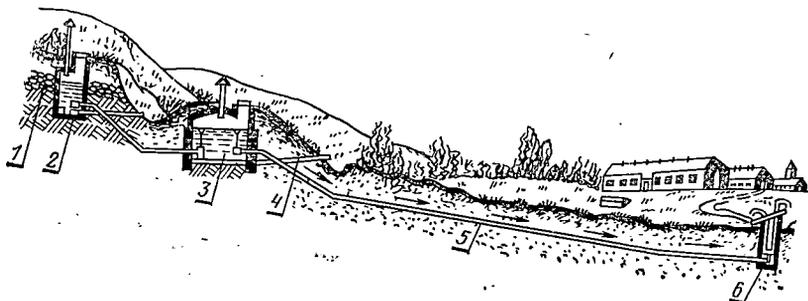


Рис. 122. Схема самотечного водопровода с забором воды из подземного каптажированного источника:

1 — водоносный горизонт; 2 — каптаж ключей; 3 — сборный резервуар; 4 — выпуск; 5 — водопровод; 6 — водозабор.

мере, чем грунтовые воды, подвержены загрязнению. Поэтому перед подачей в водопроводную сеть воду улучшают на специальных очистных сооружениях.

Схему водопроводов (рис. 121) с забором воды из поверхностных источников применяют только в том случае, если нет надежных подземных источников, ввиду недостаточного его дебита, неудовлетворительного качества воды и др.

Открытыми, или поверхностными, источниками водоснабжения служат реки, озера, пруды и водохранилища.

В зависимости от степени охвата водопроводом водопотребителей они делаются на централизованные, децентрализованные и комбинированные.

Централизованные водопроводные системы обеспечивают подачу воды всему комплексу водопотребителей данного поселка, хозяйства или района. К централизованным водопроводным системам относятся также групповые сельскохозяйственные водопроводы, подающие воду в несколько хозяйств (колхозы и совхозы). Такие водопроводы распространены в районах освоения целинных земель.

Наиболее крупными групповыми водопроводами являются Ишимский и Булаевский, подающие воду в 420 населенных пунктов. Суточная подача очистных (фильтровальных) станций составляет 120 тыс. м³. Общая длина магистральных водопроводов равна 3500 км.

Групповые водопроводы имеются также в Ставропольском крае, в Крыму, на Кавказе и в Голодной степи.

Групповые водопроводы строят в районах, где местные водные источники очень маловодны или качество вод их низкое. В этом случае воду забирают из многоводных источников, значительно удаленных от водопотребителя. Поэтому экономически целесообразно подводить воду на большие расстояния не в одно хозяйство, а в целую группу.

К децентрализованным относятся системы, которые подают воду в отдельные обособленные объекты водопотребления. В одном хозяйстве может быть несколько водопроводных систем, работающих независимо одна от другой.

Комбинированная система занимает промежуточное положение и включает групповые и обособленные водопроводы.

Выбор той или иной схемы водопроводной сети обосновывается технико-экономическими расчетами с учетом условий строительства и эксплуатации водопровода.

По характеру создания напора в трубах водопроводы делятся на самотечно-напорные, самотечно-безнапорные и нагнетательно-напорные. Самотечно-напорные и самотечно-безнапорные водопроводы сооружают в тех местах, где водный источник расположен выше водопотребителя. Вода движется самотеком под действием гравитационных сил (силы тяжести). Такие водопроводы сооружают только в благоприятных топографических условиях.

На рисунке 122 приведена схема самотечного водопровода с забором для целей водоснабжения из каптажированного источника. Вода из источника самотеком по трубам подается в запасные резервуары, баллоны или непосредственно в водопроводную сеть к водопотребителю.

В напорных самотечных водопроводах вода течет, заполняя все поперечное сечение трубы, в безнапорных — без заполнения поперечного сечения. В нагнетательно-напорных водопроводах напор создается насосом.

В комплекс водопроводной системы входят насосные станции, обеспечивающие забор воды из водного источника и подающие ее в водопроводную сеть, водонапорные башни и резервуары для аккумуляции воды.

Насосная станция забирает воду из источника водоснабжения и подает ее на водоочистные сооружения. Если очистка воды не требуется, то подача ее осуществляется непосредственно в водонапорную башню и в водопроводную сеть.

Гидравлическим расчетом определяют подачу, полный напор и мощность насосной станции. При этом подача насосной станции не должна превышать дебит водного источника. Она зависит от суточного расхода водопровода, максимального водопотребления и продолжительности работы насосной станции в течение суток. Если, например, водопровод подает потребителю $140 \text{ м}^3/\text{сут}$, а насосная станция работает 18 ч в сутки (с 4 до 22 ч), то подача насосной станции Q составит:

$$Q = \frac{140 \cdot 18}{24 \cdot 3600} = 2,16 \text{ л/с.}$$

Полный манометрический напор насосной станции определяют по формуле

$$H = H_6 + H_{\text{бак}} + \Sigma h_0 + \Sigma h_{\text{вс}} + (Z_6 - Z_0),$$

где H_6 — высота водопроводной башни от поверхности земли до дна бака, м; $H_{\text{бак}}$ — высота воды в баке, м; Σh_0 , $\Sigma h_{\text{вс}}$ — сумма лутевых 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.

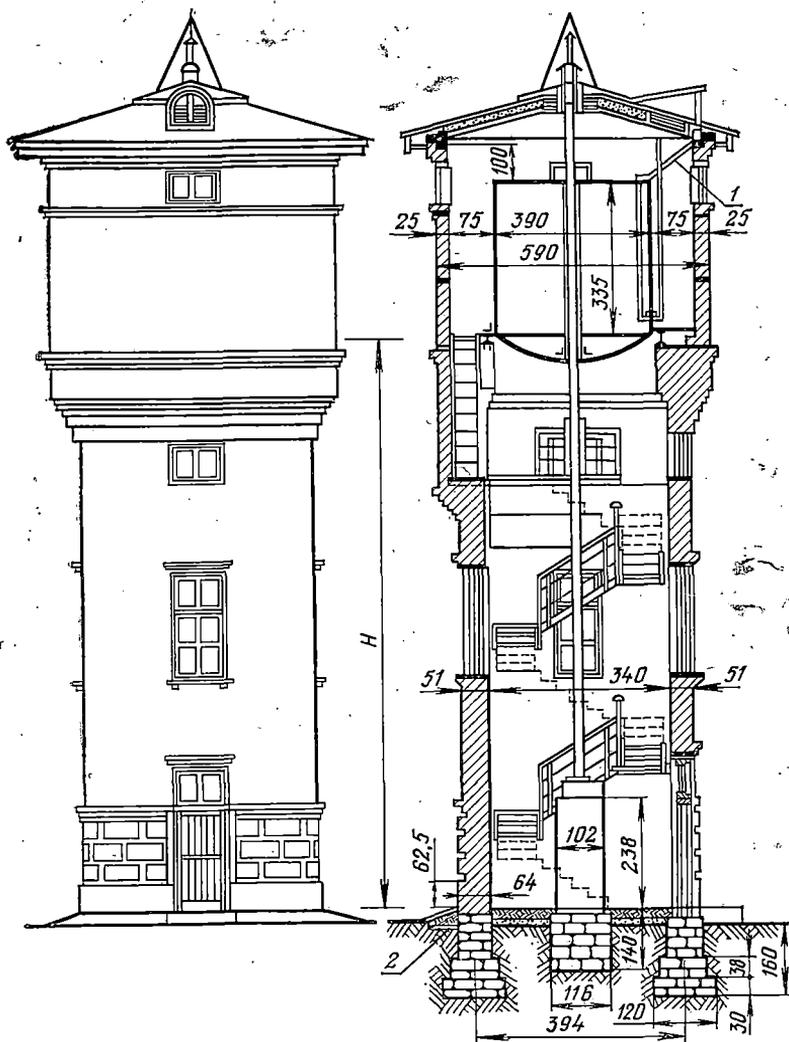


Рис. 123. Кирпичная шатровая водонапорная башня с металлическим баком:

1 — лестница на крышу; 2 — цементный раствор состава 1 : 2 толщиной 2 см.

Мощность водопроводной насосной станции N (кВт) рассчитывают по формуле

$$N = \frac{1}{\eta} k 9,8 Q H,$$

где Q — расход воды, подаваемый насосной станцией, $\text{м}^3/\text{с}$; H — полный манометрический напор, м; k — коэффициент запаса мощности станции на перегрузку, равный 1,1...1,2; η — КПД насосной станции, зависящий от ее насосно-силового оборудования.

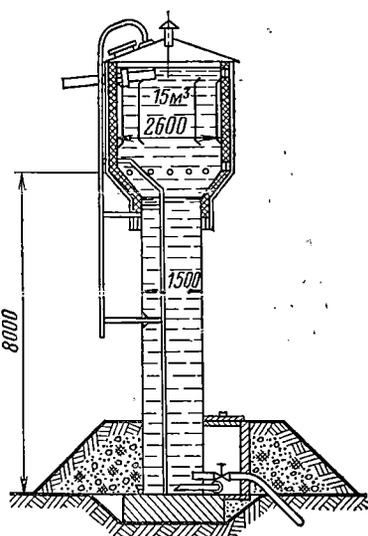


Рис. 124. Бесшатровая сборно-блочная металлическая водонапорная башня.

Водонапорная башня служит для создания запаса воды и необходимого напора в водопроводной сети на период, когда насосная станция не работает или когда потребность воды превышает расход, подаваемый насосной станцией.

В часы минимального водопотребления, когда подаваемый насосной станцией расход превышает водопотребление, излишек воды, подается насосной станцией в бак водонапорной башни. Следовательно, водонапорная башня является регулятором расхода воды; вместе с насосной станцией она обеспечивает подачу воды водопотребителю в соответствии с графиком водопотребления.

Водопровод может работать и без водонапорной башни, но при этом насосная станция должна иметь большую мощность и наибольший секундный расход, обеспечивающий круглосуточное водопотребление.

В этом случае потребовались бы более значительные капитальные вложения в строительство станции и расходы по ее эксплуатации.

Баки водонапорной башни изготовляют из железобетона, дерева, листовой стали и арматурного бетона. Ствол (опора) башни сооружают из дерева, железобетона, кирпича и стали. Общий вид водонапорной башни из кирпича с металлическим баком объемом 50 м^3 приведен на рисунке 123. Эта башня называется шатровой, потому что металлический бак утеплен шатром. Высота (до дна бака) башни 14 м.

В сельскохозяйственных водопроводах широко применяют бесшатровые цельнометаллические сборно-балочные водонапорные башни (рис. 124).

В настоящее время в практику сельскохозяйственного водоснабжения широко внедряют типовые проекты конструкций водонапорных башен, разработанные институтами «Гипроводхоз» и «Союзводпроект». Эти башни сооружают из кирпича, металла, дерева и железобетона с высотой до дна бака 8, 10, 12, 14 и 16 м и вместимостью бака 15, 25 и 50 м^3 . В сельской местности водонапорные башни высотой более 20 м, как правило, не строят.

Насосные станции и водонапорные башни в настоящее время часто оборудуют автоматическими устройствами в целях своевре-

менного включения и выключения насосов в зависимости от колебания уровня воды в башне (В. С. Мисинев). На рисунке 125 приведена схема автоматизированной башенной водокачки. Объем бака водонапорной башни устанавливают путем сравнения графика водопотребления с графиком работы насосной станции. Из-за большой стоимости водонапорных башен объем их баков принимают в пределах 10...15 %, а при больших суточных расходах — до 50 % суточного водопотребления.

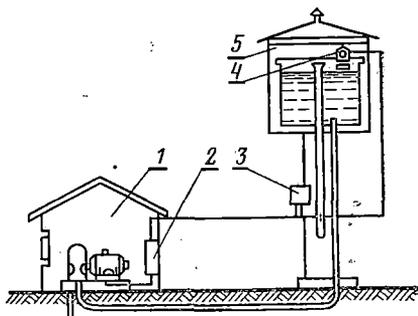


Рис. 125. Схема автоматического управления работой электродвигателей насосов:

1 — насосная станция; 2 — станция управления; 3 — пост управления; 4 — датчик уровня воды; 5 — водонапорная башня.

Высоту водонапорной башни H_6 (от поверхности земли до дна бака) определяют по формуле (Мисинев, 1976)

$$H_6 = H_c + \Sigma h_c + Z_d - Z_6,$$

где H_c — свободный напор в наиболее удаленной или высокорасположенной (диктующей) точке водопроводной сети; Σh_c — потери напора в трубопроводе от башни до диктующей точки; Z_d и Z_6 — отметки поверхности земли соответственно у диктующей точки и у основания башни.

Свободный напор должен быть равен 10 м в поселках жилой зоны при одноэтажной застройке, при двухэтажной — 12 м, при строениях более двух этажей на каждый последующий этаж строений свободный напор увеличивают на 4 м.

На производственно-хозяйственных предприятиях свободный напор воды в водопроводе устанавливают с учетом требований технологии производства. Свободный напор у водозаборных колонок и пожарных гидрантов водопроводной сети низкого давления должен быть не менее 10 м, на отдельных высокорасположенных точках водопроводной сети — не менее 7 м. На обособленных высоких зданиях поселка свободный напор может создаваться местными насосными установками.

При водоснабжении сельских населенных пунктов иногда бывает экономически целесообразнее вместо водонапорных башен строить водонапорные резервуары. Для их сооружения используют естественные или искусственно созданные земляные возвышения. Сверху резервуары засыпают землей, и тогда их называют подземными (рис. 126). В таких резервуарах создается запас чистой воды для хозяйственных, питьевых, противопожарных и производственных нужд. Резервуары сооружают из железобетона, бутобетона, кирпича и армированного бетона. Для создания водонепроницаемости стенок и дна резервуара их покрывают

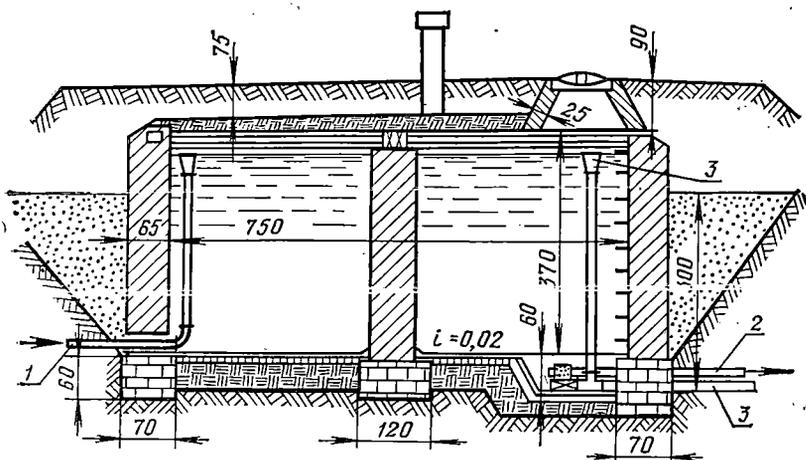


Рис. 126. Подземный кирпичный резервуар:

1 — подающая; 2 — разборная и 3 — переливная трубы. Размеры в см.

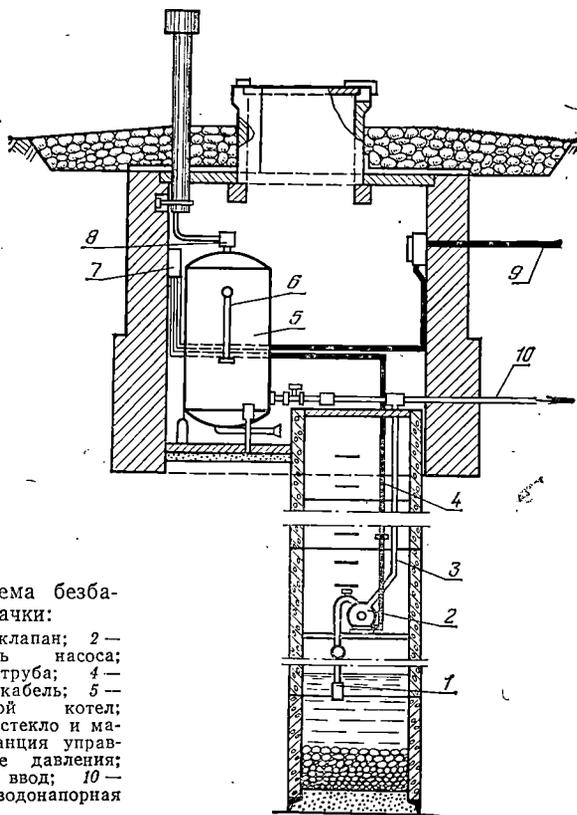


Рис. 127. Схема безба-
шенной водокачки:

1 — приемный клапан; 2 —
электродвигатель насоса;
3 — напорная труба; 4 —
электрический кабель; 5 —
воздушно-водяной котел;
6 — водомерное стекло и ма-
нометр; 7 — станция управ-
ления; 8 — реле давления;
9 — кабельный ввод; 10 —
наружная водонапорная
сеть.

изнутри слоем цементного раствора толщиной 2,5 см с последующей тщательной цементной затиркой (железнение).

В сельскохозяйственном водоснабжении получили широкое распространение резервуары типовой конструкции объемом 25, 50, 100 и 150 м³.

В населенных пунктах, обеспеченных надежным электропитанием, вместо водонапорных башен можно применять пневматическое водоснабжение. Роль водонапорной башни здесь выполняет воздушно-водяной котел, который в комплекте имеет специальное автоматическое устройство — реле давления, управляющее работой насоса в зависимости от требуемого давления в баке. На рисунке 127 приведена схема безбашенной водокачки (В. С. Мисинев). Такая установка может быть расположена на высоте поверхности земли или даже ниже ее.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает пневматические установки, обеспечивающие подачу воды от 1,1 до 10,5 м³/ч и напор от 16 до 150 м. Эти установки оборудованы электропогружными насосами, центробежными консольными, вихревыми и водоструйными насосами; применяют их при заборе воды из буровых скважин, шахтных колодцев и открытых водных источников. Пневматическое водоснабжение наиболее целесообразно на объектах с небольшим расходом воды, но где требуются значительные напоры — до 150 м.

§ 154. Водопроводная сеть

Водопроводная сеть служит для транспортировки воды и ее распределения между водопотребителями. Она состоит из магистральных водопроводов (водоводов). По ним вода подается от места добывания до распределительной сети.

При проектировании водопроводной сети магистральный водопровод располагают по возможности по водораздельным линиям местности, на односкатном склоне магистральный водопровод располагают по верхней границе склона, на ровной местности — посредине участка (поселка). Диаметр магистрального трубопровода рассчитывают по формуле

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{v}},$$

где d — диаметр магистрального трубопровода, м; Q — наибольший хозяйственный расход, м³/с; v — скорость течения, в расчетах берут равной 0,7...1,1 м/с.

Диаметр магистрального трубопровода обычно всегда бывает более 100 мм и никогда не менее 75 мм, если даже при расчете он оказался меньше. Магистральный водопровод прокладывают в непромерзающем слое (ниже глубины промерзания) почвогрунта. Распределительную водопроводную сеть прокладывают от магистрали до места разбора воды — домов и хозяйственных зданий. Схема расположения водопроводной сети в плане полностью зави-

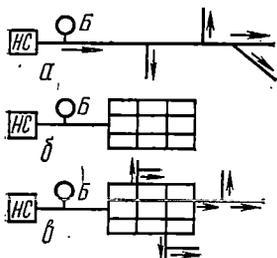


Рис. 128. Схема водонапорной сети:
а — тупиковая; *б* — кольцевая; *г* — смешанная.

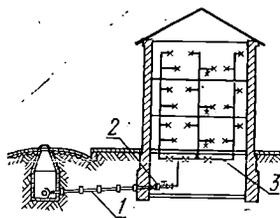


Рис. 129. Домовое ответвление водопроводной сети:
1 — домовый ввод; *2* — водомер; *3* — внутренняя сеть.

сит от характера размещения населенного пункта. Она может быть тупиковой, кольцевой или смешанной (рис. 128).

Если населенный пункт имеет вытянутую форму в одном направлении, то применяют тупиковую схему. Если поселок в плане имеет форму, близкую к квадрату, удобна кольцевая схема. Смешанную схему применяют там, где не может быть применена только одна схема.

Для внешней водопроводной сети используют трубы стальные диаметром от 50 мм и более, полиэтиленовые диаметром до 150 мм, чугунные — 50 мм и более, асбестоцементные (100...50 мм) и железобетонные диаметром 500 мм и более. Диаметры труб водопроводной сети устанавливают гидравлическим расчетом. С помощью фасонных частей устраивают повороты, ответвления, изменяют диаметры и др.

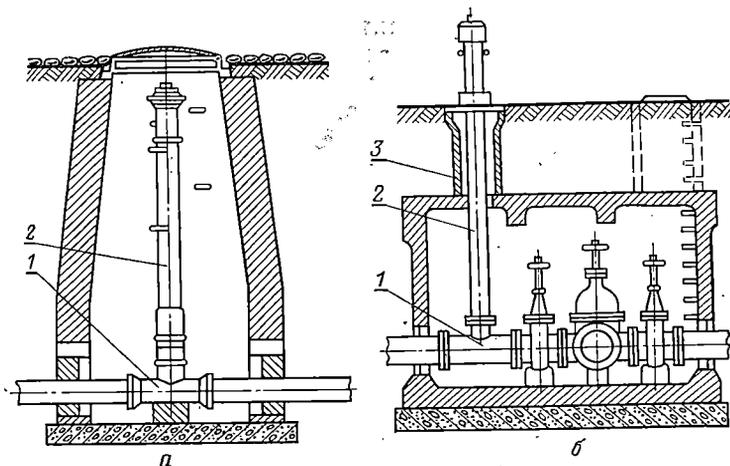


Рис. 130. Колодцы с установкой пожарного подземного (*а*) и надземного (*б*) гидрантов:
1 — пожарная подставка; *2* — стояк; *3* — гончарная труба.

Разбор воды из напорной водопроводной сети проводят с помощью водоразборных колонок, домовых ответвлений (рис. 129), пожарных подземных или наземных гидрантов (рис. 130). На животноводческих фермах забор воды для водопоя скота осуществляется с помощью групповых или индивидуальных автопоилок (рис. 131).

Водозаборные колонки и пожарные гидранты на уличной водопроводной сети устанавливают равномерно на расстоянии одна от другой не более 120 м. Во время пожара к гидранту присоединяют пожарный шланг. В дома водопровод подводят от уличного трубопровода чугунной трубой, проложенной в непромерзающем слое грунта. Ее прокладывают сквозь фундамент в подвал, а при его отсутствии в специальный крытый колодец. Диаметр трубы должен быть не менее 50 мм. Главную трубу в доме проводят в подвале, а при его отсутствии — на первом этаже. От этой трубы отходят вертикальные ветви — стояки, подводящие воду к точкам водоразбора (кран, раковины, унитазы). У основания каждого стояка устанавливают вентиль.

Внутри дома водопровод делают из оцинкованных или простых железных труб. Диаметр их берут с учетом расхода воды при скорости ее течения от 1 до 1,5 м/с. Вся домовая водопроводная сеть должна иметь возможность полного опорожнения.

В животноводческие постройки водопровод подводят так же, как и в жилые дома. От вводной трубы отходят стояки, от которых вода отводится по внутренней линии труб. Линию труб располагают либо посередине здания (тупиковая сеть), либо по его стенам (кольцевая сеть). От внутренней линии водопроводных труб железными оцинкованными трубами вода подводится к автопоилкам, к водоразборным и пожарным кранам. Автопоение скота значительно удешевляет водоснабжение и повышает продуктивность животных. Так, с внедрением автопоилок повышение удоев молока достигает 10...15%, прирост свиней — 14, настриг шерсти — 10%. В нашей стране наибольшее распространение получили автопоилки с пружинным клапаном. Во время водопоя животные нажимают губами на рычажную вилку, при опускании которой рычаг открывает 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 пятидневку дезинфицируют.

Для мытья помещения устанавливают поливные краны с радиусом действия 10...15 м. Противопожарное водоснабжение в сельских поселках осуществляется из гидрантов, которые устанавливают на водопроводной сети на расстоянии один от другого не

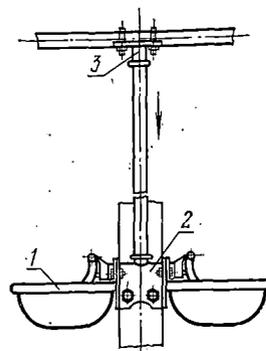


Рис. 131. Общий вид двоянной поилки:

1 — автопоилка; 2 — башмак; 3 — седелка.

более 120 м, а также из естественных и искусственных водоемов (пруды, водохранилища) или резервуаров, к которым делают подъезды для мотопомпы и автонасосов. Каждый из этих водоемов должен иметь запас воды, необходимый для тушения пожара в течение 3 ч.

Противопожарные водоемы в поселках размещают равномерно по территории, чтобы водоем обслуживал населенный поселок в радиусе до 200 м при наличии автонасосов, до 100...150 м при тушении пожаров мотопомпами и до 100 м при ручных пожарных насосах. Расчетные пожарные расходы принимают 5 л/с в поселках с населением до 500 человек, 10 л/с при населении от 500 до 5000 человек и 15 л/с при числе жителей от 5000 до 20 тыс. человек. На территории производственно-хозяйственных комплексов пожарные расходы воды должны быть от 5 до 20 л/с, в зависимости от размера комплекса.

§ 155. 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. Процесс удаления сточных вод из поселка по системе подземных труб называется канализацией.

В систему канализации входят комплекс сооружений и устройств для сбора, транспортировки, очистки и удаления сточных вод за пределы населенного пункта.

Сточные воды подразделяются на три категории: хозяйственно-фекальные, или бытовые, производственные и атмосферные (сток с улиц и площадей).

Канализацию в сельских населенных пунктах устраивают там, где водопровод позволяет увеличить водопотребление на бытовые и хозяйственные цели. С его увеличением возрастает и количество сточных вод. Спуск большого количества сточных вод в почву при отсутствии канализации приводит к загрязнению грунтовых вод.

Канализация на животноводческих фермах резко повышает культуру животноводческих процессов и дает возможность улучшить качество продукции.

При проектировании застроек сельских населенных пунктов следует уделять особое внимание правильному расположению жилых домов и производственных построек, чтобы сточные воды из поселка можно было отводить самотеком по безнапорным трубам.

По способам отвода сточных вод канализация подразделяется на общесплавную и раздельную. При общесплавной системе канализации все сточные воды — хозяйственно-фекальные, производственные и атмосферные отводятся по единой системе труб. При раздельной системе по отдельным водотокам отводятся осадки и хозяйственно-промышленные воды.

В сельских населенных пунктах почти всегда устраивают неполную сплавную канализацию, то есть для отвода только хозяйственных и производственных сточных вод. Такая система канализации состоит из домово́й, дворной и уличной сети труб. По этим трубам сточные воды из санитарных узлов жилых домов, из животноводческих ферм и производственных предприятий отводятся в коллекторы, по которым транспортируются за пределы поселка на очистные сооружения. На очистных сооружениях происходит очистка и обезвреживание сточных вод, далее они отводятся в естественные водотоки и водоемы или транспортируются на поля фильтрации и земледельческие поля орошения. Использование сточных вод на полях фильтрации или земледельческих полях орошения описано в главе 12.

Сточные воды из населенных пунктов отводятся почти всегда самотеком, и только в отдельных исключительных случаях в условиях сложного рельефа или при большом заглублении коллекторной сети, когда самотечные трубопроводы построить нельзя, сооружают насосные станции перекачки.

Для канализации чаще всего применяют глазурные раструбные керамические трубы с внутренним диаметром 125...500 мм, длиной 800...1200 мм, а также бетонные, железобетонные, асбестоцементные, чугунные и пластмассовые (полиэтиленовые и винилпластовые). Чтобы канализационные трубы наружной сети можно было легко очистить, их диаметр должен быть не менее 125 мм.

Для надзора за работой канализационной сети, проведения ее ремонта в местах изменения диаметров труб на всех поворотах линии труб в плане и в вертикальной плоскости сооружают смотровые колодцы. На прямолинейных участках сети смотровые колодцы устраивают на расстоянии 50...150 м один от другого.

При проведении канализации по местности с большим уклоном в случае необходимости сооружают колодцы-перепады.

Глава 25. ОБВОДНЕНИЕ СТЕПЕЙ И ПУСТЫНЬ

В нашей стране значительные площади земельных угодий, расположенных в степных и пустынных районах, 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 в СССР в настоящее время проводят в больших масштабах. Обводнительные работы могут осуществляться по централизованной, децентрализованной и комбинированной системам.

Обводнение по централизованной системе заключается в том, что вся территория, подлежащая обводнению, обеспечивается водой из одного или группы объединенных водных источников. Такая система применима, когда объекты водопотребления имеют более или менее компактное расположение.

Децентрализованная система обводнения заключается в том, что подача воды на обводняемую территорию осуществляется из нескольких различных водных источников. Эта система применяется в тех районах, где имеются равномерно распределенные неглубоко залегающие водные источники с водой хорошего качества.

При комбинированной системе обводнения различных участков территории происходит по централизованной и децентрализованной системам.

Качество воды источников обводнения должно соответствовать требованиям водопотребителей. Расходы воды источников обводнения должны быть не меньше максимальной потребности в воде. Если же источник обводнения не может обеспечить водой объекты обводнения в часы наибольшего водопотребления, то строят сооружения для накопления воды.

Систему обводнения выбирают с учетом себестоимости 1 м³ воды, подаваемой потребителю, а также условий эксплуатации и надежности источника обводнения.

При централизованных системах обводнения водный источник выбирают с учетом возможного потребления воды и на выборочное орошение. Площадь орошаемых земель должна быть определена с учетом объема избыточной воды, состава культур и их режима орошения.

§ 156. Обводнительно-оросительные каналы

Обводнительно-оросительные каналы обеспечивают обводнение территории водами больших рек. Канал Волга — Урал имеет длину более 460 км, в зоне первой очереди обеспечивает орошение 300 тыс. га и обводняет более 2 млн. га пастбищ в Волгоградской, Саратовской и Уральской областях. Введены в эксплуатацию и сооружаются крупные каналы для орошения культур и обводнения пастбищ в Куйбышевской, Саратовской и других областях страны.

Обводнение степных, полустепных и пустынных земель осуществляется из рек, озер, колодцев, прудов, полевых цистерн, каптажей и др. В этих районах для обводнения используют реки с постоянным, подруловым или периодическим течением, невысыхающие озера, старицы и протоки.

§ 157. Обводнение из шахтных колодцев

В степных районах страны широко распространено обводнение из шахтных колодцев. Так, на пастбищах Казахстана водопой более 80% животных обеспечивается из этих колодцев. На пастбищах республики насчитывается более 300 тыс. действующих колодцев, которые снабжают водой животных на площади более 40 млн. га (В. С. Мисинев). Стоимость устройства одного колодца в Казахстане 2...5 тыс. р. Преимущество обводнения из колодцев заключается в том, что шахтные колодцы просты по устройству и удобны в эксплуатации. Колодцы являются регулирующими ем-

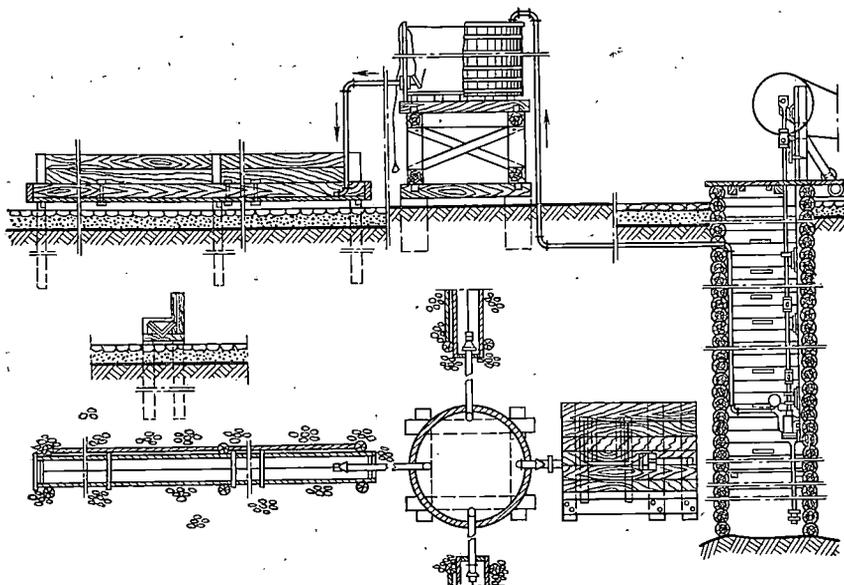


Рис. 132. Водопойная площадка.

костями — в каждом из них накапливается до 5 м³ воды. Очень важно, когда для обводнения используют источники с малым дебитом. Для забора воды из колодцев их оборудуют насосами и водоподъемниками и устройствами для водопоя скота.

На рисунке 132 приведен общий вид водопойной площадки с забором воды из шахтного срубового колодца насосом РН-100. Насос подает воду в деревянный бак, из которого вода поступает в водопойное корыто. При выборе площадки для водопойного пункта учитывают следующее: водопойный пункт нельзя располагать в затопляемых, переувлажненных, заболоченных местах. Подходы к водопойному пункту должны быть удобными для животных; целесообразно, чтобы он обслуживал только один отарный, табунный или гуртовой участок. Если же водопойный пункт должен обслуживать два-три участка, то его располагают на границе участков; водопойный пункт размещают у скотопрогонов и дорог общего пользования.

§ 158. Обводнение из буровых скважин

Обводнение из буровых скважин широко применяют в нашей стране с 1970...1975 гг. преимущественно в пунктах крупных стоянок скота на пастбищах. Буровые скважины оборудуют насосными установками, в основном электропгружными насосами, а также приколдездными сооружениями, включающими насосную станцию, резервуар для воды и мощную водопойную площадку с корытом.

§ 159. Обводнение из рек и озер

Обводнение из рек с постоянным током воды и из озер с устойчивым уровнем. Этот вид обводнения позволяет надежно снабжать водой пастбища и населенные пункты, примыкающие к этим источникам. Очень важно в летний период сохранить чистоту воды в реке и озере. С этой целью на берегах устанавливают зону санитарной охраны.

Водозаборные пункты и водопойные площадки устраивают на берегах водных источников на расстоянии не менее 20 м от уреза воды. К водопойным площадкам вода подается насосом, транспортируется по желобам или трубам. Из рек и озер небольшой глубины лучше забирать воду из котлована или колодца, соединенного с рекой или озером канавой или трубой.

Обводнение из пересыхающих рек. В засушливых районах страны имеются реки, которые летом пересыхают, но имеют постоянное подрусловое течение воды. Устраивая каптаж воды подруслового потока, можно обеспечить водой полевую стан, водопойную площадку на пастбище или ферму. По А. Я. Калабугину, устройством трубчатых или галерейных водозаборов можно добыть достаточно воды для водопоя скота на пастбище или ферме.

Обводнение из высыхающих озер. Многие озера в полупустынных районах к июлю, августу пересыхают, но в пониженных местах озера на некоторой глубине еще сохраняются грунтовые воды. С помощью шахтных колодцев их можно вскрыть и насосом поднять на поверхность.

§ 160. Обводнение из прудов и прудов-копаней

В степных районах страны на участках, имеющих лога, балки и другие понижения, применяют обводнение из прудов и прудов-копаней. Весной при таянии снега вода стекает со склонов и задерживается в сооруженных прудах и в прудах-копанях. По трубчатым водовыпускам вода из них самотеком подается на водопойные площадки, расположенные ниже плотины. Если самотеком воду из прудов вывести нельзя, то для забора устанавливают насосы.

§ 161. Обводнение из полевых цистерн-котлованов

На водораздельных пастбищах, где неприемлемы другие приемы обводнения территории, применяют обводнение из полевых цистерн-котлованов. В этом случае воду собирают в копани, котлованы — полевые цистерны. Котлованы-цистерны защищают от ветров лесными насаждениями. Объем поверхностного стока в котлованы-цистерны зависит от водосборной площади: чем она больше, тем больше объем местного стока. Для его увеличения на водосборной площади устраивают валики и собирательные каналы. Водопой скота проводят из водопойных корыт, в которые вода

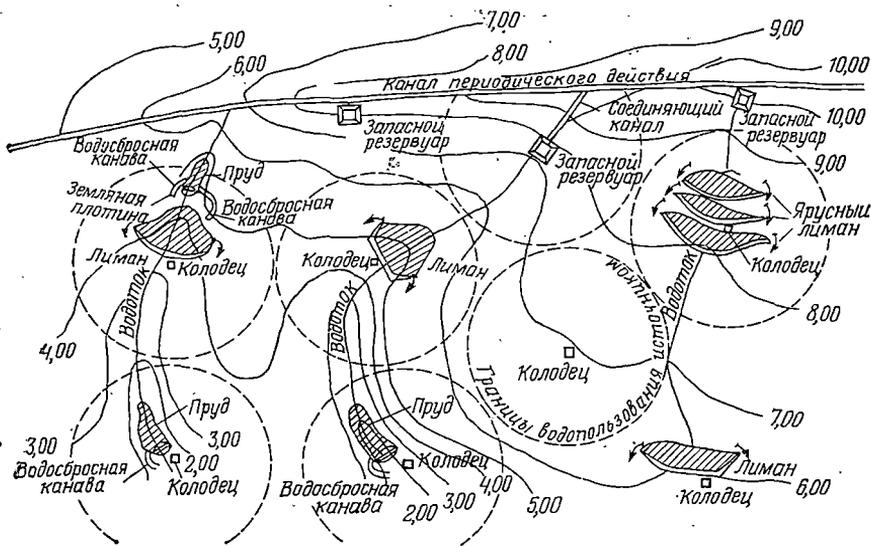


Рис. 133. Схема обводнения из периодически действующего канала.

из котлована-цистерны поступает по трубе самотеком. Чтобы вода не загрязнялась скотом, котлован-цистерну защищают изгородью.

Обводнительные каналы. В районах, где местные поверхностные и грунтовые воды не могут полностью удовлетворить потребности в воде развитое высокопродуктивное животноводство и зерновое хозяйство, обводнение осуществляют из постоянно или периодически действующих обводнительных каналов, подающих воду из рек или крупных водохранилищ. Для обводнения используют и оросительные каналы, действующие в летний период во время полива. Если обводнительный канал действует только периодически, то встает вопрос о способах резервирования воды на обводняемой территории на период, когда обводнительный канал не действует. В этом случае резервируют воду в мелких прудах и водохранилищах на балках, в оврагах, низинах, водотоках (на малых реках и в ручьях) и озерах. Иногда целесообразно для накопления воды использовать имеющиеся в обводненных районах малые реки и водоемы с соленой водой и особенно с невысокой минерализацией. При разбавлении соленых вод пресной из обводненного канала можно сделать их пригодными для водоснабжения.

Схема обводнения из периодически действующего канала приведена на рисунке 133. Такие обводнительные системы используют не только для водоснабжения, но и для выборочного орошения сельскохозяйственных культур в целях укрепления кормовой базы хозяйства.

I. ВВЕДЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИЮ

Глава 1. Общие сведения о мелиорации	3
§ 1. Предмет и задачи мелиорации	3
§ 2. Развитие мелиорации в СССР	5
§ 3. Природные условия территории СССР и потребность ее в мелиорациях	6
§ 4. Мелиоративные зоны СССР	7
Глава 2. Сведения о сельскохозяйственной и почвенной гидрологии	12
§ 5. Элементы сельскохозяйственной гидрологии	12
§ 6. Осадки и распределение их по территории СССР	14
§ 7. Испарение	15
§ 8. Понятие о объеме, коэффициенте и модуле поверхностного стока	23
Глава 3. Влага и ее движение в почвогрунтах	25
§ 9. Влага в почве	25
§ 10. Состояние влаги в почве	26
§ 11. Влагоемкость почвы	29
§ 12. Гравитационная вода	30
§ 13. Грунтовые воды	32
§ 14. Подсчет запасов воды в почве	33

II. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

Глава 4. Виды орошения	34
§ 15. Общие понятия об орошении	34
§ 16. Регулярное и одноразовое орошение	35
§ 17. Выборочное и сплошное орошение	35
§ 18. Стационарное и подвижное орошение сельскохозяйственных культур	36
Глава 5. Режим орошения сельскохозяйственных культур	38
§ 19. Требования, предъявляемые растениями к водному режиму почвы	38
§ 20. Расчет оросительных норм	41
§ 21. Расчет суммарного водопотребления по дефициту влажности воздуха	42
§ 22. Расчет поливных норм	44
§ 23. Расчет оросительных гидромодуля	45
§ 24. Виды поливов сельскохозяйственных культур	48
§ 25. Сроки полива отдельных культур	50
Глава 6. Источники орошения и обводнения	53
§ 26. Поверхностные водные источники	53
§ 27. Подземные воды	53
§ 28. Использование коллекторно-дренажных и морских вод для орошения	54

Глава 7. Местный сток и его использование	57
§ 29. Устройство прудов и водохранилищ	57
§ 30. Расчет необходимого объема пруда	59
§ 31. Гидрологический расчет пруда	64
§ 32. Типы и конструкции плотин	66
§ 33. Основные элементы земляной плотины	67
§ 34. Мягкие конструкции плотин	70
§ 35. Устройство водосбросных и водосливных сооружений	72
§ 36. Эксплуатация прудов и водохранилищ	73
Глава 8. Оросительные системы	75
§ 37. Типы оросительных систем	75
§ 38. Состав оросительной системы	77
§ 39. Классификация каналов оросительной сети	77
§ 40. Водосбросная и дренажная сеть	78
§ 41. Конструкция и элементы поперечного профиля каналов оросительной сети	80
§ 42. Продольная и поперечная схемы расположения оросительной и поливной сети	86
§ 43. Расчетные расходы каналов	87
§ 44. Гидравлический расчет каналов	89
§ 45. Сооружения на оросительной сети	93
Глава 9. Способы и техника орошения сельскохозяйственных культур	96
§ 46. Общие сведения о технике орошения	96
§ 47. Полив по бороздам	97
§ 48. Тупые затопляемые борозды	100
§ 49. Полив по проточным поливным бороздам	102
§ 50. Полив по проточным бороздам со сбросом	105
§ 51. Полив напуском по полосам	107
§ 52. Техника распределения поливной воды	113
§ 53. Полив затоплением	120
§ 54. Полив затоплением риса	122
§ 55. Дождевание сельскохозяйственных культур	124
§ 56. Виды дождевания	126
§ 57. Типы дождевальных оросительных систем	127
§ 58. Типы современных дождевальных машин и установок	130
§ 59. Короткоструйные дождевальные агрегаты	130
§ 60. Среднеструйные дождевальные машины и установки	132
§ 61. Дальнеструйные дождевальные машины	136
Глава 10. Внутрипочвенное и капельное орошение	137
§ 62. Внутрипочвенное орошение	137
§ 63. Капельное орошение	140
§ 64. Основные элементы оросительной сети и сооружений при капельном орошении	141
Глава 11. Лиманное орошение	143
§ 65. Лиманы и их сооружение	143
Глава 12. Орошение сточными водами	148
§ 66. Понятие о сточных водах и их очистке	148
§ 67. Подготовка животноводческих стоков для орошения	152
§ 68. Оросительные нормы	153
§ 69. Способы полива осветленными животноводческими стоками	154

Глава 13. Борьба с засолением почв при орошении	155
§ 70. Засоление земель	155
§ 71. Дренаж на орошаемых землях	160
§ 72. Промывка засоленных почв	163
Глава 14. Эксплуатация оросительных систем	165
§ 73. Значение правильной эксплуатации оросительных систем	165
§ 74. Ведопользование на оросительных системах	166
§ 75. Внутрихозяйственные и системные планы водопользования	167
§ 76. Учет воды на орошаемых землях	169
§ 77. Водомерные сооружения	171
§ 78. Учет воды, поступающей во временную оросительную сеть	175
§ 79. Водомеры на дождевальных машинах	179
III. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ	
Глава 15. Болота, переувлажненные земли и причины заболачивания	181
§ 80. Характеристика болот	181
§ 81. Причины заболачивания	184
§ 82. Подзолообразовательный процесс	185
§ 83. Заболачивание при дерновом процессе почвообразования	186
§ 84. Зарастание водоемов	187
§ 85. Выход грунтовых вод на дневную поверхность	189
§ 86. Разлив рек и приток воды с вышележащих водосборов	190
§ 87. Типы водного питания болот	191
§ 88. Требования сельскохозяйственных культур к водному режиму почвы, нормы осушения	192
§ 89. Методы и способы осушения	195
§ 90. Осушительные системы	196
Глава 16. Осушение открытыми каналами	197
§ 91. Поступление воды в открытый канал	197
§ 92. Расположение осушительных каналов	198
§ 93. Глубокие (одиночные) каналы	202
§ 94. Осушение при грунтовом водном питании (при наличии притока грунтовых вод)	205
§ 95. Осушение при грунтово-напорном водном питании	207
§ 96. Осушение при намывном типе водного питания	208
§ 97. Гидрологический расчет осушительной сети	209
§ 98. Гидравлический расчет каналов	210
§ 99. Сооружения на открытой осушительной сети	211
Глава 17. Осушение закрытым дренажем	212
§ 100. Общие сведения о дренаже	212
§ 101. Гончарный дренаж	214
§ 102. Деревянный дренаж	215
§ 103. Фашинный дренаж	216
§ 104. Каменный дренаж	217
§ 105. Пластмассовый дренаж	217
§ 106. Гидравлический расчет дренажа	220
§ 107. Строительство дренажа	221
§ 108. Сооружения на дренажной сети	223
§ 109. Кротовый и щелевой дренаж	225
§ 110. Осушение тяжелосуглинистых почв	227
§ 111. Дороги на осушенной территории	231

Глава 18. Регулирование рек-водоприемников и специальные виды осушения	231
§ 112. Водоприемник	231
§ 113. Борьба с подтоплением пойменных земель в зоне рек и водохранилищ	233
§ 114. Обвалование рек	236
§ 115. Кальматаж	237
§ 116. Осушение с помощью поглощающих колодцев	238
§ 117. Осушение земель с машинным водоподъемом	239
§ 118. Осушение вертикальным дренажем	240
§ 119. Эксплуатация осушительных систем	243

Глава 19. Осушительно-увлажнительные системы	245
§ 120. Общие положения	245
§ 121. Шлюзование каналов и дрен	245
§ 122. Орошение осушенных земель	246
§ 123. Регулярное орошение сельскохозяйственных культур на осушенных землях	247
§ 124. Осушительно-увлажнительная система на базе вертикального дренажа	249

Глава 20. Культуртехнические работы на осушенных землях	249
§ 125. Срезка древесно-кустарниковой растительности	250
§ 126. Химический способ удаления древесной и кустарниковой растительности	251
§ 127. Удаление камней с осушенной площади	251
§ 128. Удаление кочек	252
§ 129. Первичная обработка почвы	253
§ 130. Удобрение почвы	254

IV. МЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ВОДНОЙ ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ

Глава 21. Эрозия почв и меры борьбы с ней	257
§ 131. Общие сведения об эрозии почв	257
§ 132. Меры борьбы с эрозией почв	259
§ 133. Борьба с оврагами	263
§ 134. Сооружение для укрепления вершин и дна оврагов	265
§ 135. Террасирование склонов	267

V. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ

Глава 22. Качество воды, методы ее улучшения и нормы водопотребления	270
§ 136. Показатели качества воды	270
§ 137. Химические свойства воды	272
§ 138. Бактериологический состав воды	274
§ 139. Улучшение качества воды	275
§ 140. Нормы водопотребления	282
Глава 23. Источники водоснабжения и водоподъемники	285
§ 141. Использование открытых водных источников для водоснабжения	285
§ 142. Использование подземных вод для водоснабжения	288
§ 143. Шахтные колодцы	289
§ 144. Трубочатые буровые колодцы (скважины)	291
§ 145. Водоподъемники	295

§ 146.	Поршневые и центробежные насосы	298
§ 147.	Вихревые одноступенчатые насосы	302
§ 148.	Скважинные центробежные насосы	302
§ 149.	Скважинные погружные насосные агрегаты	303
§ 150.	Водоструйные установки	303
§ 151.	Пневматические водоподъемники или эрлифты	304
§ 152.	Ветросиловые установки	305
Глава 24. Сельскохозяйственные водопроводы и канализация		307
§ 153.	Водопроводы	307
§ 154.	Водопроводная сеть	315
§ 155.	Канализация	318
Глава 25. Обводнение степей и пустынь		319
§ 156.	Обводнительно-оросительные каналы	320
§ 157.	Обводнение из шахтных колодцев	320
§ 158.	Обводнение из буровых скважин	321
§ 159.	Обводнение из рек и озер	322
§ 160.	Обводнение из прудов и прудов-копаней	322
§ 161.	Обводнение из полевых цистерн-котлованов	322

Вячеслав Викторович Колпаков, Иван Петрович Сухарев

«СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

Заведующая редакцией **В. П. Орлова**

Редактор **Г. М. Попова**. Художественный редактор **Н. М. Коровича**

Технические редакторы **Л. М. Володченкова, Н. А. Никонова**

Корректоры **В. М. Русинова и Я. А. Савицкая**

ИБ № 1430

Сдано в набор 18.02.81. Подписано к печати 27.04.81. Т-09305. Формат 60×90^{1/16}.

Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая.

Усл. печ. л. 20,5. Усл. кр.-огт. 20,5. Уч.-изд. л. 22,99. Изд. № 225. Тираж 40 000 экз.

Заказ № 1336. Цена 1 руб.

«Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос», 107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 113105, Нагатинская ул., д. 1.