



БИБЛИОТЕЧКА
МЕЛИОРАТОРА

ДВУСТОРОННЕЕ
РЕГУЛИРОВАНИЕ
ВОДНОГО РЕЖИМА
ПОЧВ



БИБЛИОТЕЧКА МЕЛИОРАТОРА

В. Н. ТУРБИН

ДВУСТОРОННЕЕ
РЕГУЛИРОВАНИЕ
ВОДНОГО РЕЖИМА
ПОЧВ

Москва
Россельхозиздат — 1977

631
Т86

УДК 626.81/85

Библиотечка мелноратора освещает вопросы
мелиорации земель и их рационального использо-
вания, эксплуатации дождевальных машин, аппа-
ратов и насосных станций, а также организации и
строительства оросительной сети.

Т $\frac{40395 - 018}{M104(03) - 77}$ 53-77

© Россельхозиздат, 1977

Основными направлениями развития народного хозяйства СССР, принятыми XXV съездом КПСС, намечена широкая программа мелиорации земель. За десятую пятилетку будет осушено 4,7 млн. га. Большое внимание уделяется качеству мелиорации.

Как показывают многолетние научные и производственные опыты, на избыточно увлажненных землях с односторонним регулированием водного режима (осушение) в засушливые периоды наблюдается дефицит влаги, что приводит к снижению урожаев сельскохозяйственных культур.

Недостаток систем одностороннего действия заключается в том, что уровень грунтовых вод и влажность почвы в зависимости от погодных условий все время меняются, а параметры систем (глубина заложения дрен, расстояния между ними и др.) остаются неизменными.

Поэтому требуется применение систем двустороннего действия, которые регулируют сток и дополнительно увлажняют почву в засушливые периоды.

СИСТЕМЫ ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ И УСЛОВИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Регулировать водный режим осушаемых земель можно двумя путями:

устройством на одном участке осушительной и оросительной сети, то есть двух мелиоративных систем;

строительством системы двустороннего действия, в которой осушение и орошение совмещены.

Первый способ, при котором орошают дождеванием, применяют на торфяниках и минеральных избыточно увлажнен-

ных почвах любого механического состава, но он дорог (стоимость осушительной системы составляет 1000—1500 руб. на 1 га, оросительной — 2500—3500 руб.), требует больших расходов воды на единицу площади при поливах (до 100 л/с и более), металло- и энергоемок.

Второй способ, при котором осушают и орошают через дренажи, имеет более ограниченное применение, так как требует неглубокого (до 2 м) постоянного уровня грунтовых вод, достаточной водопроницаемости почвогрунтов (коэффициент фильтрации не менее 0,5 м/сутки) и ровных, с уклонами не больше 0,005, площадей (поймы рек, внепойменные плоские участки грунтового или смешанного водного питания). Однако этот способ дешев, удобен в эксплуатации, требует небольших единовременных расходов воды на единицу площади (3—5 л/с), поэтому для увлажнения почвы используют небольшие водотоки. При поливах вода расходуется экономно, не образуется корка, пахотный слой, как правило, рыхл и водопроницаем.

В Центральном районе Нечерноземной зоны избыточно увлажненных земель 3,0—3,5 млн. га, орошение через дренажи возможно примерно на площади 0,8—1,0 млн. га, из них 500—600 тыс. га расположены в поймах наиболее крупных рек: Москвы, Дубны, Сестры, Хотчи, Ялмы, Нерской, Оки и Клязьмы Московской области; Цны, Совки, Мокши, Оки Рязанской области; Клязьмы, Нерли, Поли, Бужи, и Оки Владимирской области; Нерли-Волжской и Нерли-Клязьминской с притоками, Устья, Лахости, Сити, Соловьицы, Воижи, Серы Ярославской области; Луха с притоками, Нозыги, Ингари, Внучки, Мардасы, Суходы Ивановской области; Унжи, Костромы, Соловьицы Костромской области; Сежи, Устомы, Осьмы, Остера, Ипути Смоленской области; Неруссы с притоками, Навли, Ревны, Десны Брянской области. Примерно 300—400 тыс. га земель можно увлажнять через дренажи на внепойменных болотах и заболоченных землях.

Во всей Нечерноземной зоне, где земель, требующих осушения, 10—11 млн. га, увлажнять почву через осушительные дренажи можно на площади 2,5—3,0 млн. га.

На рисунке 1 изображена схема системы двустороннего регулирования водного режима почвы с увлажнением корнеобитаемого слоя через дренажи и подачей воды через устья дренажей. Для примера взят 8-польный севооборот.

На песчаных и супесчаных почвах при возделывании рассадных сельскохозяйственных культур для полива дождева-

нием воду берут из приемных колодцев. Главный коллектор в таких случаях делают такого диаметра, чтобы пропускать необходимый для дождевания расход воды.

На рисунке 2 показана схема системы двустороннего действия с подачей воды через истоки дрен. Система отличается от предыдущей тем, что имеет увлажнительный коллектор, через который вода подается в дрены-увлажнители. При благоприятных условиях для подведения воды к системе двустороннего действия используют нагорные и ловчие каналы. Водный режим системой двустороннего действия регулируют следующим образом. Весной при положении уровня грунтовых вод на высоких отметках клапаны открыты и система работает на сброс избытка воды. После понижения

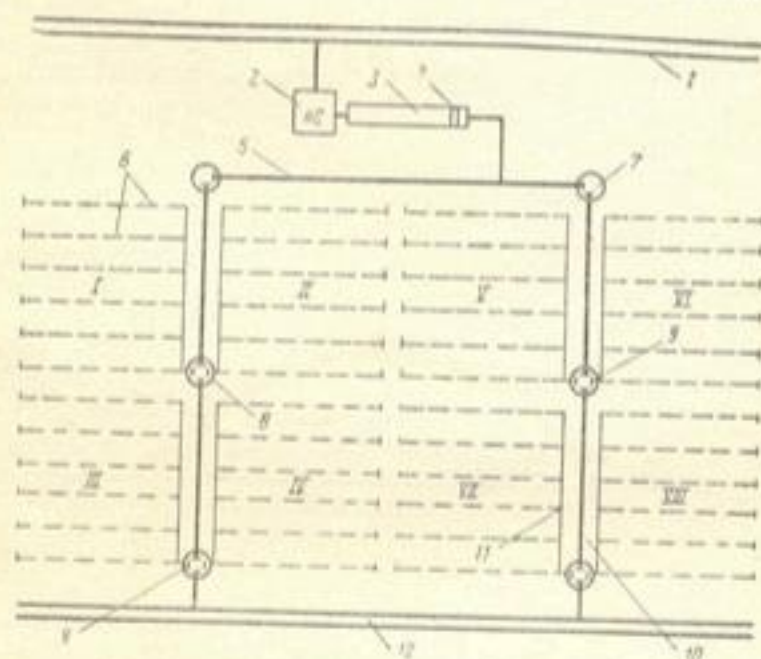


Рис. 1. Схема системы двустороннего действия с подачей воды через устья дрен:

1 — водостечник; 2 — насосная станция; 3 — оголовок; 4 — керамзитовый фильтр; 5 — распределительный трубопровод; 6 — регулирующие дрены; 7, 8 — приемные колодцы; 9 — клапаны; 10 — главный коллектор; 11 — вспомогательный коллектор; 12 — открытый коллектор; I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII — поля севооборота

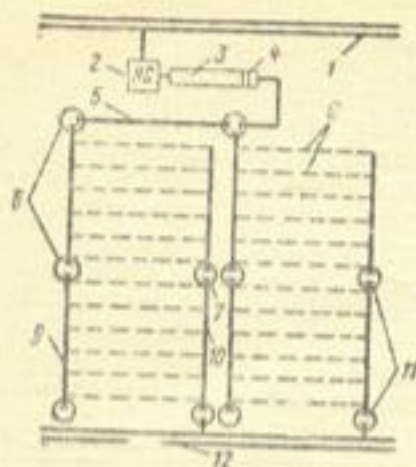


Рис. 2. Схема системы двустороннего действия с подачей воды через источник дрена:
1 — водонесущий; 2 — насосная станция; 3 — отстойник; 4 — керамзитовый фильтр; 5 — распределительный трубопровод; 6 — приемные колодцы; 7 — сбросные дренажи; 8 — регулирующие; 9 — увлажнительный коллектор; 10 — сбросной коллектор; 11 — клапаны; 12 — открытый коллектор

грунтовых вод на норму осушения предпосевного периода (50—70 см в зависимости от почвы) клапаны на системе закрывают, сток задерживается и дальше уровень грунтовых вод понижается в основном за счет испарения влаги из почвы. Если при закрытых задвижках уровень грунтовых вод на 10—20 см ниже нормы осушения, необходимой для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур в данный период, то его повышают, подавая воду в систему насосом из водонесущника.

В совхозе «Клементьево» Московской области построена экспериментальная система (рис. 3).

Система занимает 18 га на осушаемом массиве 1750 га. Уклон участка

0,001—1,002; почвы дерново-аллювиальные, структурные, среднеоглеенные, по механическому составу среднесуглинистые со следующим содержанием физической глины (частиц диаметром $< 0,1$ мм) по слоям: 0—30 см — 35,7%, 30—60 см — 40,3%, 60—90 см — 38,3%, 90—120 см — 34,3%. Илистых фракций (диаметром $< 0,001$ мм) содержится в указанных слоях в пределах от 18,4 до 23,3%. Средний коэффициент фильтрации с поверхности почвы составляет 2,8 м/сутки, с глубин 30 и 60 см соответственно 1,37 и 1,28 м/сутки. Почвы на участке слабокислые (рН — 5,65), содержание гумуса — 3,51%.

Объемный вес почвы колеблется от 1,15 г/см³ в слое 20 см до 1,50 г/см³ в слое 100—120 см, удельный вес соответственно от 2,30 до 2,62 г/см³, порозность от 50 до 41% от объема почвы.

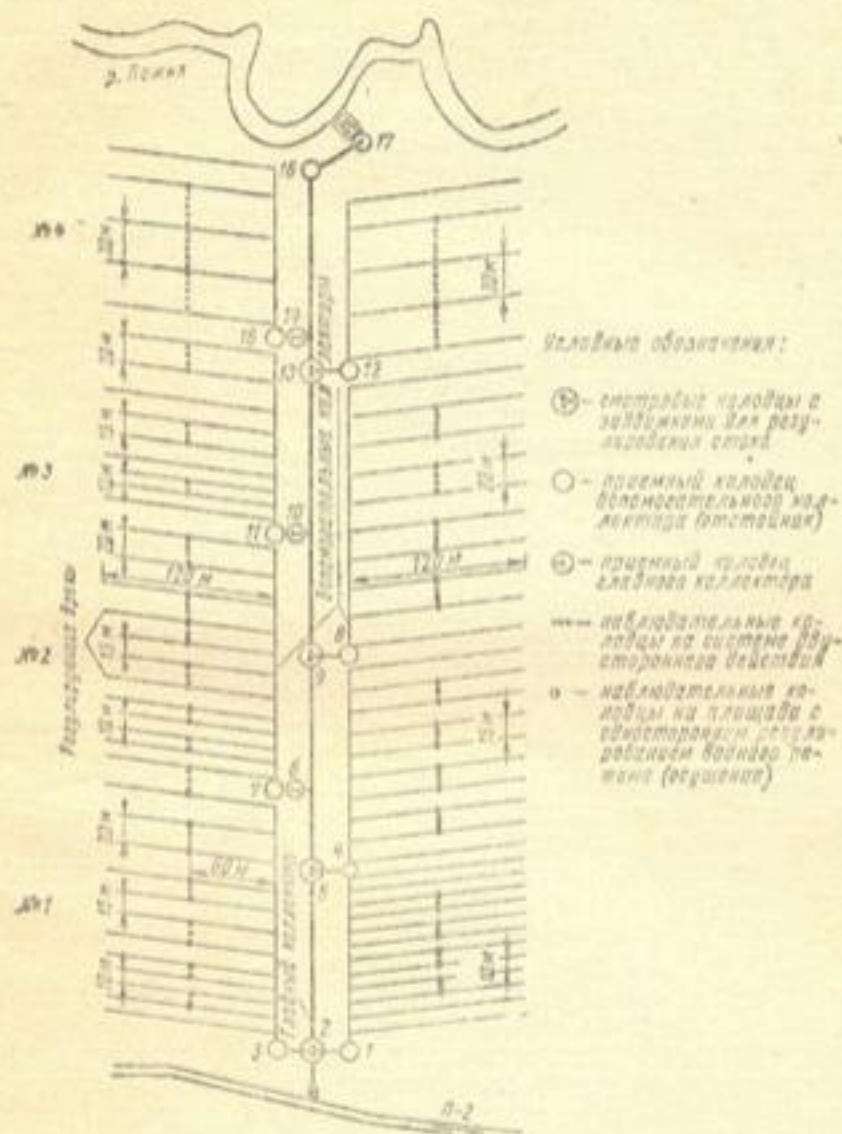


Рис. 3. План системы двустороннего регулирования водного режима почв в совхозе «Клементьевское» Можайского района Московской области

Максимальная гигроскопичность в слое 0—20 см составляет 7,3% от веса абсолютно сухой почвы, в слое 20—40 см — 6,1%; влажность завядания соответственно 10,9 и 9,2%, предельная полевая влагоемкость (ППВ) 38 и 27%.

В гидрогеологическом отношении экспериментальный участок относится ко второму мелноративному району Московской области, территория которого заболочена и переувлажнена за счет повсеместного распространения верховодки. Водоупором служит Московская морена, расположенная на глубине 2—3 м от поверхности. Скапливаясь на водоупоре, вода в период избыточного увлажнения поднимается до поверхности, переувлажняя корнеобитаемый слой.

Экспериментальная система состоит из главного коллектора, восьми вспомогательных коллекторов, регулирующих дрен с расстояниями между ними 10, 15, и 30 м, размещенных на участке в многократной повторности, девяти приемных колодцев (отстойников), семи смотровых колодцев с задвижками «Лудло», предназначенных для регулирования стока; насоса марки С-245 для подачи воды в систему, 192 наблюдательных колодцев из асбестоцементных труб диаметром 200 мм, перфорированных с двух сторон и установленных над дренами в 2,0; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0 м от них.

Главный коллектор имеет длину 640 м, уклон 0,001—0,002, глубину заложения в устье 1,85 м, диаметр переменный: в устьевой части 200 мм, в центральной — 150—175 и в конце — 100—125 мм; вспомогательные коллекторы — длину 1220 м, уклон 0,001—0,002, диаметр — 75 мм. Регулирующие дрены заложены на глубину 0,9—1,1 м, с уклоном 0,001—0,002, длиной 120 м, диаметром 50 мм. Вспомогательные коллекторы, смотровые и приемные колодцы размещены так, чтобы регулировать водный режим почвы отдельно на каждом участке, примыкающем к вспомогательному коллектору.

Вода в регулирующие дрены подается со стороны их устьев, то есть снизу. При такой конструкции дрены имеют небольшие уклоны; в приемных колодцах, выполняющих роль отстойников, оседают взвешенные частицы; снижается стоимость системы в результате отказа от строительства двух коллекторов со стороны истоков дрен.

Конструктивные особенности системы

Система двустороннего действия с увлажнением корнеобитаемого слоя через дрены имеет следующие особенности:

чтобы защитить дрены от заиления, их оборудуют отстойниками;

для регулирования дренажного стока, а также перекрытия коллекторов во время увлажнения почвы системы имеют подпорные сооружения.

В конструктивном отношении системы могут быть двух типов:

с подачей воды со стороны устьев дрен-увлажнителей через главный коллектор (система в совхозе «Клементьево»);
с подачей воды со стороны истоков дрен-увлажнителей через увлажнительный коллектор.

При подаче воды первым способом (со стороны устьев дрен через главный и вспомогательный коллекторы) систему двустороннего действия строят на больших безуклонных или с переменным уклоном площадях.

Регулирующие дрены закладывают на нужную глубину. Промывают их в периоды подъема грунтовых вод близко к поверхности и последующего открытия подпорных сооружений.

При подаче воды по второму способу (через истоки дрен) дрены промывают током подаваемой воды. Однако такая система требует дополнительного увлажнительного коллектора со стороны истоков дрен, а на больших безуклонных площадях еще и вспомогательных коллекторов, так как сопряжение регулирующих дрен со сбросным (главным) коллектором ведет к недопустимому их заглублению. Увлажнительный и сбросной коллекторы (см. рис. 2) одновременно подают воду в дрены, что ускоряет создание необходимого напора воды под ними. В данном случае сбросной коллектор подсоединяется к распределительному трубопроводу через приемный колодец.

Практически на каждом объекте в зависимости от рельефных условий и конфигурации участка комбинируют обе системы.

Колодцы с подпорными сооружениями делают открытые. Во избежание промерзания колодцев зимой ту их часть, которая выступает наружу, а также крышки облицовывают теплозащитным материалом. Чтобы в колодцы не попадал снег и не проникал холодный воздух, крышки плотно подогнаны; чтобы не поступали грунтовые воды с внешней стороны, их тщательно гидроизолируют. Колодец устанавливают на прочный фундамент, не допускающий его осадки.

При увлажнении почвы система работает под напором, поэтому, чтобы ликвидировать фильтрацию из коллектора и обход подпорного сооружения, коллектор делают из асбестоцементных труб на 10—20 м выше и ниже подпорного сооружения.

При засыпке котлована, в котором установлено подпорное сооружение, насыпной грунт хорошо уплотняют.

Сопряжение регулирующих дрен с коллекторами выполняют внахлестку.

ДРЕНАЖНЫЙ СТОК И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЕ

Двустороннее регулирование водного режима почв позволяет сократить сброс дренажных вод и при минимальных затратах сохранить в почве значительные объемы воды, которые затем используют для увлажнения.

В зависимости от климатической зоны и водного питания избыточно увлажненных земель годовой объем дренажного стока составляет: в центральных районах Нечерноземной зоны 50—70 мм, в северных — 70—80 мм, южных — 50—60 мм. Большей величины сток наблюдается при грунтовом водном питании земель, меньший — при атмосферном.

На землях с грунтовым питанием сток дренажных вод может происходить круглый год; на землях с атмосферным и намынным питанием — весной, летом и осенью. В центральных районах Нечерноземной зоны на избыточно увлажненных землях смешанного водного питания в среднем по увлажнению годы дренажный сток распределяется примерно таким образом: 35—45% — весной, 5—10 — летом, 40—50 — осенью и 3,5% — зимой; на участке в совхозе «Клементьево», где водное питание почвы после осушения преимущественно атмосферное, — соответственно 30 мм (50%), 6 мм (10%), 25 мм (35%), 3 мм (5%) в первой половине декабря. Сток регулируют весной и летом, периодически закрывая или открывая подпорные сооружения и этим сохраняя 150—300 м³/га дренажных вод от бесполезного сброса. Осенью и зимой система работает на сброс избытка воды.

Необходимость регулирования стока подтверждает работа системы в совхозе «Клементьево». В 1970 г. (обеспеченность осадков 70%) задвижки были закрыты 4 июня и не открывались до сентября. Избыточного увлажнения не наблюдалось. В 1971 г. (обеспеченность осадков 62%) задвижки были закрыты 9 апреля и только с 3 по 9 мая были открыты

для сброса воды, затем были закрыты до 21 сентября. В почве было удержано от сброса по 17 мм дренажных вод на 1 га. В 1972 г. (обеспеченность осадков 46%) задвижки были закрыты 27 апреля и открыты 26 сентября. Объем зарегулированного стока составил 19,5 мм без избыточного увлажнения. В 1973 г. задвижки на системе закрыли 27 апреля и не открывали до 20 сентября (начало уборки капусты). Несмотря на большое количество осадков в августе этого года (138,3 мм), при закрытых задвижках избыточного увлажнения почвы для капусты не наблюдалось.

На осушаемых площадях, расположенных рядом с этим участком, дренаж сбрасывал воду с ранней весны и в течение всего мая, а в 1972 г. — до начала третьей декады июля, что ухудшало водный режим почвы.

Регулирование дренажного стока ослабляет отток грунтовых вод с прилегающей территории, способствует сохранению значительного количества минеральных солей, в том числе и микроэлементов, которые выносятся дренажными водами (100—900 мг на литр дренажных вод).

ПРИТОК КАПИЛЛЯРНОЙ ВЛАГИ В КОРНЕОБИТАЕМЫЙ СЛОЙ

Капиллярные свойства почв

При подпочвенном увлажнении грунтовая вода поступает в корнеобитаемый слой по почвенным капиллярам снизу.

В почве капиллярная влага движется по многочисленным мелким порам различного диаметра, капиллярам, состоящим из чередующихся сужений и расширений, а это образует в почве капиллярно-подвешенную и капиллярно-подпертую влагу.

В зависимости от механического состава почвогрунтов высота капиллярного поднятия воды от зеркала грунтовых вод варьирует в широких пределах (табл. 1).

Высоту капиллярного подъема воды определяют экспериментальным путем по влажности почвы или по формуле А. Н. Костякова:

$$H_{\max} = \frac{0,45}{\rho \cdot d_0} \text{ см,} \quad (1)$$

Таблица 1

Высота поднятия капиллярной
влаги в различных грунтах

Грунт	Наибольшая высота капиллярного поднятия, см
Песок крупный	0,05—0,2
Песок средний	0,2—0,4
Песок мелкий	0,4—0,6
Супесь	0,7—1,0
Суглинок легкий	1,0—1,5
Суглинок средний	1,5—2,0
Суглинок тяжелый	2,0—3,0
Глина	3,0—4,0
Торф среднеразложив- шийся	0,7—1,2

где $H_{\max}$ — максимальная высота капиллярного подъема
грунтовых вод, см;

$p = \frac{A}{1-A}$ — коэффициент пористости;

A — пористость, %;

d_0 — действующий диаметр почвенных частиц (мм),
определенный по формуле Козени, в которой
используются данные механического анализа:

$$d_0 = \frac{100}{\left[\frac{1}{2} g_k \left(\frac{1}{d_k} + \frac{1}{d_{k-1}} \right) \right] \frac{3 g_{\min}}{2 d_{\min}}}, \quad (2)$$

где d_0 — действующий диаметр, мм;

100 — сумма процентов всех фракций гранулометриче-
ского состава;

g_k — процентное выражение каждой фракции анализа;

d_k, d_{k-1} — наибольший и наименьший диаметры данной
фракции, мм;

$d_{\min}$ — диаметр наиболее мелкой фракции, определенной
в анализе, мм;

$g_{\min}$ — процент этой последней (мелкой) фракции.

Приближенно высоту капиллярного поднятия воды в почве определяют, взяв диаметр таких частиц, которые составляют 10% всей массы почвы, d_{10} для песка различной крупности колеблется от 0,12 до 0,005, суглинков — равен 0,0019, глины — 0,0005.

Максимальную высоту капиллярного поднятия определяют с учетом удельной поверхности частиц почвы по формуле:

$$H_{\max} = \frac{0,45 v}{\rho} \text{ см}, \quad (3)$$

где v — удельная поверхность почвы;
 ρ — коэффициент пористости (см. формулу 1).

Высоту максимального капиллярного поднятия грунтовых вод можно определить по упрощенной формуле А. А. Роде:

$$H_{\max} = \frac{75}{d} \text{ мм}, \quad (4)$$

где d — средний диаметр почвенных частиц в мм, определяемый по данным механического анализа.

Для песков при температуре 10°C максимальную высоту капиллярного поднятия определяют по формуле Козени:

$$H_{\max} = 0,453 \frac{P}{1-P} \cdot \frac{1}{d_{\text{с}}} \text{ см}, \quad (5)$$

где P — порозность, %;
 $d_{\text{с}}$ — действующий диаметр, мм.

Высота капиллярного поднятия воды по почвенному профилю неодинакова: в нижних горизонтах, где почва плотнее и поры мельче, она поднимается медленнее, но выше, в верхних, особенно в пахотном горизонте, — быстрее, но на меньшую высоту.

При подпочвенном увлажнении большое значение имеет зона полного капиллярного насыщения, которая меняется в зависимости от глубины грунтовых вод. Чтобы почва хорошо увлажнялась, нижняя граница корнеобитаемого слоя должна близко подходить к этой зоне или касаться ее.

Высоту полного капиллярного насыщения $h_{\text{п.н.}}$, считая от уровня грунтовых вод, можно принимать в среднем: для песков, супесей и торфов 0,3—0,5 $H_{\text{к}}$, для суглинков — 0,4—0,6 $H_{\text{к}}$, где $H_{\text{к}}$ — максимальная высота капиллярного поднятия воды.

Объем капиллярного подпитывания корнеобитаемого слоя

В пределах капиллярного подъема влаги влажность почвы неодинакова. В слое, непосредственно прилегающем к грунтовым водам, влажность близка к полной влагоемкости. По мере удаления от грунтовых вод влажность уменьшается и на верхней границе капиллярного поднятия она имеет минимальное значение, близкое к влажности завядания. Чем ближе к поверхности грунтовые воды, тем больше капиллярной влаги поступает в корнеобитаемый слой и наоборот.

Глубину грунтовых вод регулируют таким образом, чтобы объем поступающей в корнеобитаемый слой капиллярной влаги соответствовал потребности растений в каждую фазу их развития.

Для минерального грунта объем капиллярного подпитывания корнеобитаемого слоя из грунтовых вод определяют по формуле С. Ф. Аверьянова:

$$q = q_0 \left(1 - \frac{h}{H_k}\right)^2, \quad (6)$$

где q — объем воды, поступающей в корнеобитаемый слой, $\text{м}^3/\text{га}$;

q_0 — интенсивность суммарного максимального испарения при наибольшем увлажнении почвы (полной влагоемкости), $\text{м}^3/\text{га}$;

h — расстояние от уровня грунтовых вод до середины корнеобитаемого слоя, см;

H_k — максимальная высота капиллярного поднятия воды, см.

q_0 может быть определено по формулам:

И. А. Шарова:

$$q_0 = (2,5 - 2,7) b (t + 2), \quad (7)$$

где b — расчетный период в сутках;

t — средняя температура воздуха за расчетный период;

А. М. Алпатьева:

$$q_0 = K \Sigma D, \quad (8)$$

где ΣD — сумма средних суточных дефицитов влажности, мм;

K — коэффициент, равный 0,5—0,65 в зависимости от культуры;

Н. Н. Иванова:

$$E_0 = 0,0018 (25 + t)^2 (100 - a), \quad (9)$$

где q_0 — испаряемость за месяц, мм;
 t — средняя месячная температура воздуха, °C;
 a — средняя месячная относительная влажность воздуха, %.

По данным ВНИИГиМ. в мощных торфяниках среднее значение капиллярного подпитывания в долях от испаряемости (испарения с водной поверхности) показана в таблице 2.

Таблица 2
 Приток воды в корнеобитаемый слой торфяной почвы из грунтовых вод

Глубина грунтовых вод, м	Приток воды в корнеобитаемый слой из грунтовых вод в долях от испаряемости, E_0
0,7	0,61—0,78
0,8	0,34—0,57
1,0	0,24—0,42
1,2	0,18—0,35
1,5	0,10—0,28

Меньшие значения принимают для начала вегетационного периода.

Объем капиллярного подпитывания зависит от величины суммарного испарения, мощности корнеобитаемого слоя, глубины грунтовых вод и максимальной высоты капиллярного поднятия воды. В таблице 3 показаны объемы капиллярного подпитывания для метеорологических условий 1972 засушливого года на участке в совхозе «Клементьево», рассчитанные по формуле (6).

Из таблицы видно, что при постоянном уровне грунтовых вод 40 см, корнеобитаемом слое 30 см и отсутствии осадков объем капиллярного подпитывания за вегетацию составляет большую величину (592,4 мм) и превышает годовую среднеемноголетнюю норму осадков.

При постоянной глубине грунтовых вод 90 см объем капиллярного подпитывания за этот же период составляет 395,8 мм, что превышает среднеемноголетнее количество осадков за вегетационный период.

Таблица 3

Объем капиллярного подпитывания корнеобитаемого слоя из грунтовых вод в зависимости от глубины грунтовых вод и температуры воздуха для средних суглинков на участке в совхозе «Камментыво», 1972 г.

Корнеобитаемая слой, см	Глубина грунтовых вод от поверхности, см	Средняя температура за расчетный период, °C							Май-сентябрь	Третья декада июля-сентябрь (исключая период)
		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь		
		4,9	11,7	17,8	20,7	19,4	10,5	4,6		
Объем капиллярного подпитывания, мм										
30	40	44,7	88,3	128,2	151,9	143,2	80,9	44,2	592,4	273,2
30	50	29,6	58,5	81,9	103,9	94,9	53,6	29,3	365,8	181,0
30	110	24,2	47,9	69,5	82,3	77,6	43,9	23,9	321,2	148,1
30	150	15,1	30,9	43,2	51,2	48,4	27,3	14,9	201,1	92,4
30	200	6,9	15,5	20,1	23,8	22,9	12,3	6,6	94,4	42,8
30	250	2,2	4,4	6,2	7,3	6,9	3,9	2,1	28,7	13,2
30	290	0,16	0,33	0,46	0,55	0,52	0,29	0,15	2,2	0,99
50	30	41,4	85,0	118,9	140,9	132,8	75,1	41,0	552,7	253,5
50	50	32,8	67,4	94,2	111,6	105,2	59,5	32,4	437,8	200,8
50	110	21,4	54,1	75,7	89,7	84,5	47,8	26,1	351,7	133,5
50	150	17,3	35,3	49,4	58,6	56,2	31,2	17,0	210,7	105,3
50	200	8,61	17,7	24,7	29,3	27,5	15,6	8,5	114,9	52,9
50	250	2,7	5,5	7,7	9,1	8,6	4,9	2,7	35,9	16,5
50	290	0,43	0,88	0,12	0,15	0,14	0,78	0,43	5,7	2,6

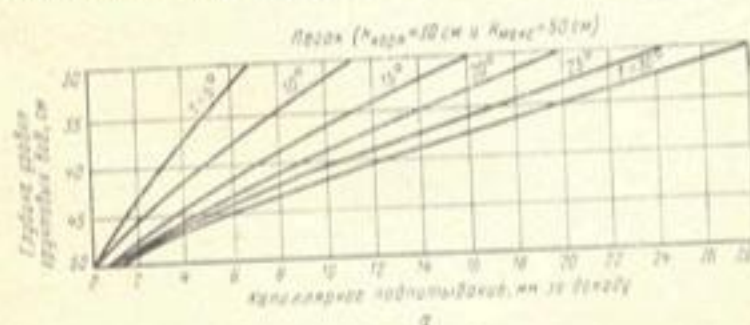
При глубине грунтовых вод 110 см объем капиллярного подпитывания примерно равен среднегодовому количеству осадков за вегетационный период и может считаться оптимальным.

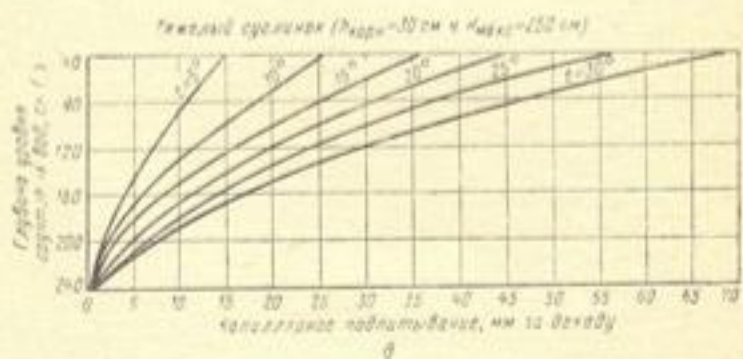
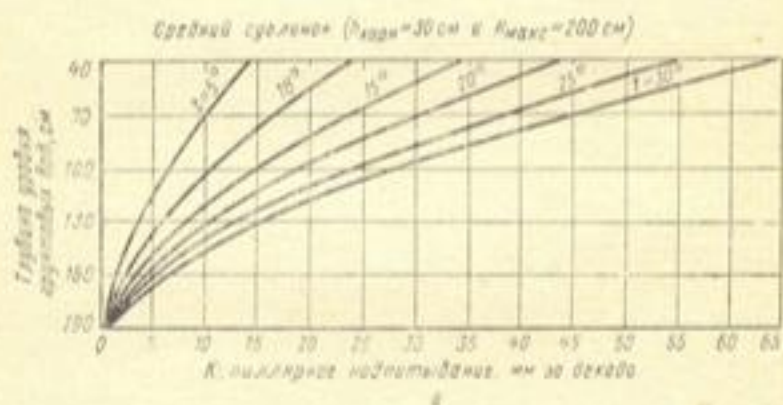
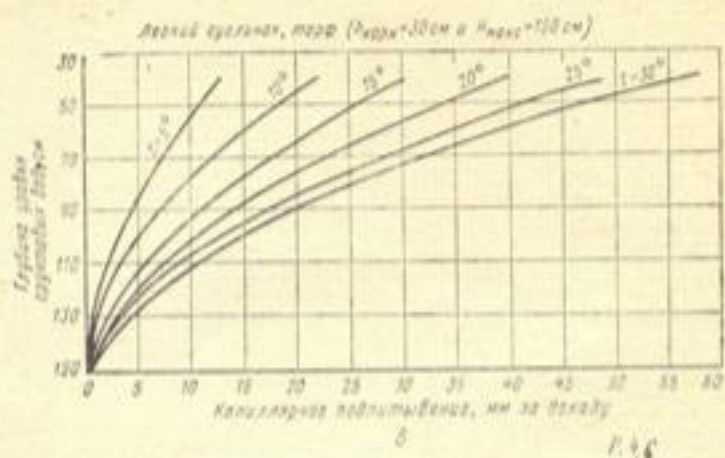
При глубинах грунтовых вод 250 и 290 см капиллярное подпитывание незначительно. За май—сентябрь оно составило соответственно всего 28,7 и 2,1 мм и может не учитываться при расчете водного режима.

При мощности корнеобитаемого слоя 50 см, где располагается основная масса корней капусты, объем капиллярного подпитывания на 10—15% больше, чем при глубине корнеобитаемого слоя 30 см.

Однако для различных по механическому составу почвогрунтов объемы капиллярного подпитывания далеко не одинаковы.

На рисунке 4 (а, б, в, г, д, е, ж) показаны объемы капил-





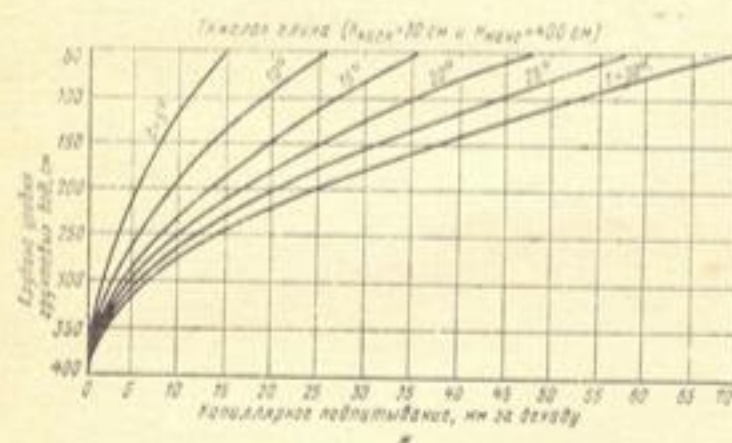
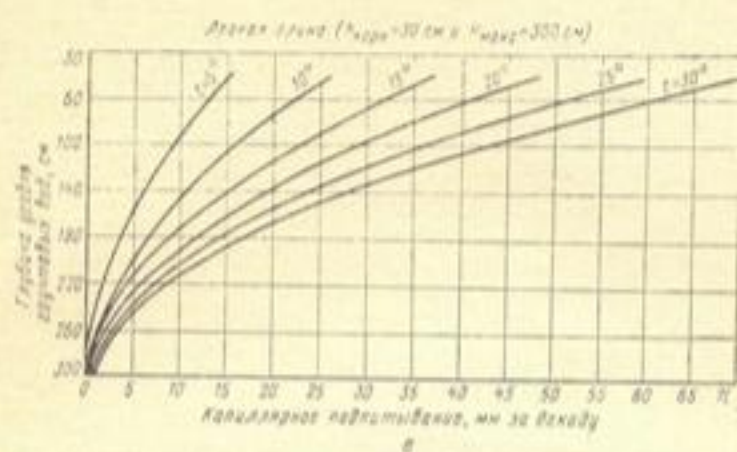


Рис. 4. Объем капиллярного подпитывания почвы при $h_{\text{корн}} = 30$ см:
 а — песок, $H_{\text{макс}} = 50$ см; б — супесь, $H_{\text{макс}} = 100$ см; в — легкий суглинок,
 торф, $H_{\text{макс}} = 150$ см; г — средний суглинок, $H_{\text{макс}} = 200$ см; д — тяже-
 лый суглинок, $H_{\text{макс}} = 250$ см; е — легкая глина, $H_{\text{макс}} = 300$ см; ж —
 тяжелая глина, $H_{\text{макс}} = 400$ см

лярного подпитывания корнеобитаемого слоя ($h_{\text{корн}} = 30$ см) в зависимости от максимальной высоты капиллярного подъема воды ($H_{\text{макс}}$), различной глубины грунтовых вод и разных среднедекадных температур, рассчитанных по формулам С. Ф. Аверьянова (6) и А. И. Шарова (7).

В песках, где максимальная высота капиллярного подъема равна 50 см, уже при глубине уровня грунтовых вод 40 см объем капиллярного подпитывания за вегетационный период недостаточен, тогда как при такой же глубине грунтовых вод в супесях, суглинках и глинах он соответственно примерно в 2, 3 и 4 раза выше, чем в песках. Следовательно, при такой глубине в песках будет недоувлажнение, в суглинках и глинах — переувлажнение. С другой стороны, при глубине грунтовых вод 90 см в супесях объем капиллярного подпитывания недостаточен и при длительном отсутствии осадков, рассчитывать на нормальное увлажнение корнеобитаемого слоя при таком уровне грунтовых вод нельзя. В суглинках капиллярное подпитывание примерно равно среднегодовой сумме осадков за вегетационный период, в глинах — в 1,5 раза больше.

В засушливые периоды в песках уровень грунтовых вод должен удерживаться на глубине не более 40—50 см, в супесях — 60—70 см, а в суглинках — 70—90 см.

Объем капиллярного подпитывания значительно изменяется в зависимости от мощности корнеобитаемого слоя. В песках корнеобитаемый слой мощностью 10 см при глубине грунтовых вод 50 см подпитывается на незначительную величину, и выращивание рассадных культур при такой глубине грунтовых вод без поверхностного полива или дождевания нецелесообразно.

В супесях также недостаточно подпитывание этого слоя; в суглинках и глинах достаточно, следовательно, в этих грунтах при подпочвенном увлажнении можно выращивать любые культуры, в том числе и рассадные.

В средние по осадкам или даже несколько засушливые годы влаги, поступающей в корнеобитаемый слой за счет капиллярного подпитывания, потребуется значительно меньше.

Для центральных районов РСФСР рекомендуются следующие величины подпитывания корнеобитаемого слоя (табл. 4).

Таблица 4

Величина капиллярного подпитывания корнеобитаемого слоя за сутки в вегетационный период в торфяных и суглинистых грунтах, мм
(данные А. Д. Панадына)

Увлажненность года (обеспеченность осадков, %)	Глубина залегания грунтовых вод от поверхности, м			
	1,0	1,5	2,0	2,5
Влажный (25—10)	0,8—1,0	0,4—0,6	0,2—0,3	0,1—0,2
Средний (40—60)	1,3—1,5	0,8—1,0	0,4—0,6	0,2—0,4
Засушливый (75—80)	2,1—2,8	1,4—1,8	0,8—1,0	0,4—0,6

РЕЖИМ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Для анализа водного режима почвы определяют следующие показатели.

Полная влагоемкость (ПВ) — количество воды в почве при полном насыщении всех пор. В верхних горизонтах почвы, где уровень грунтовых вод меняется, полная влагоемкость не равна порозности, так как в порах почвы содержится заземленный воздух, объем которого составляет 1—5% от объема пор.

Предельная полевая влагоемкость (ППВ) — количество воды, которое удерживается почвой в естественной (полевой) обстановке после полного стекания гравитационной воды.

Капиллярная влагоемкость (КВ) — количество воды, которое удерживает почва, расположенная непосредственно над зеркалом грунтовых вод.

Влажность разрыва капиллярной связи (ВРК) — количество воды, при котором исчезает сплошное заполнение влагой капилляров и подвешенная влага в процессе испарения теряет способность передвигаться к поверхности. ВРК составляет 60—70% от ППВ и близка по своему значению к нижнему пределу оптимума влаги для большинства сельскохозяйственных растений.

Влажность устойчивого завядания (ВЗ) — количество воды, при котором в листьях растений создается острый дефицит влаги, ткани теряют тургор и растения необратимо увядают.

Максимальная гигроскопичность (МГ) — количество пленочной воды, находящейся в прочно- и рыхло-связанном состоянии.

На основании показателей водно-физических свойств почвы можно установить степень доступности влаги для растений:

- труднодоступная влага между ВЗ и ВРК;
- среднедоступная влага между ВРК и ППВ;
- легкодоступная влага между ППВ и ПВ.

В совхозе «Клементьево» режим влажности почвы при регулировании стока и увлажнении почвы через дренаж складывался следующим образом.

В 1970 г. под ячмень в конце колошения — наливе (третья декада июля) сделали одно подпочвенное увлажнение нормой 380 м³/га, что было вполне достаточно, так как осадков в июле выпало 42 мм; уровень грунтовых вод после увлажнения в зависимости от расстояний между дренажами поднялся с 1,3—1,4 м до 0,8—1,0 м, а влажность пахотного слоя составляла 80—90% от ППВ. Дальнейшее повышение уровня грунтовых вод вызвало бы полегание ячменя, поэтому под зерновые в годы, подобные 1970 г., требуется одно увлажнение.

В 1971 г., когда осадки выпадали более или менее равномерно (количество их было несколько меньше нормы, обеспеченность за период май—октябрь — 62%), влажность пахотного слоя в течение всего вегетационного периода была близкой к предельной полевой влагоемкости. Влага в почве находилась в легкодоступном для растений состоянии.

В 1972 г. примерно до середины третьей декады июля, когда осадки выпадали в достаточном количестве и почва увлажнялась как за счет осадков, так и за счет подпитывания грунтовыми водами, влажность почвы при их уровне 90—120 см также была близка к предельной полевой влагоемкости. Однако в сильно засушливый период (третья декада июля — третья декада сентября; обеспеченность осадков 85%), когда корнеобитаемый слой увлажняли за счет подпитывания его грунтовыми водами, при той же глубине грунтовых вод влажность пахотного слоя (0—22 см) понизилась до 75—60% от предельной полевой влагоемкости, а подпахот-

ного слоя (20—40 см) — до 90—75%. При уровне грунтовых вод ниже 2,0 м (на неувлажняемом участке) влажность пахотного слоя была близка к влажности завядания и составляла 36—39% от предельной полевой влагоемкости.

При глубине уровня грунтовых вод 50—60 см влажность в пахотном слое составляла 86—80% от предельной полевой влагоемкости, то есть хотя влага находилась в легкодоступном для растений состоянии, однако вследствие засухи и усиленного потребления растениями воды даже такой высокий уровень грунтовых вод не создавал предельной полевой влагоемкости.

Исследованиями установлено, что в зависимости от метеорологических факторов (осадков, температуры воздуха, дефицита влажности воздуха и др.) одному и тому же уровню грунтовых вод соответствует разная влажность почвы. Например, в нормальный по увлажнению период 1972 г. (май—вторая декада июля) влажность пахотного слоя на 15—20% была выше, чем в сильно засушливый (третья декада июля — вторая декада сентября) при одной и той же глубине грунтовых вод.

В подпахотных слоях влажность почвы выше, но все же в расчетах следует ориентироваться на пахотный слой, поскольку в нем сосредоточены питательные вещества и располагается основная масса корней растений.

В таблице 5 приведена влажность почвы в зависимости от уровня грунтовых вод для различных по увлажнению периодов.

Из приведенных данных видно, что 1971 г. при обеспеченности осадков 62%, которые выпадали равномерно, влажность пахотного слоя 37—38%, то есть ППВ достигалась при глубине грунтовых вод около 100 см. Таким образом, для капусты (оптимальная влажность почвы 90—100% от ППВ) в такие годы требуется удерживать грунтовые воды на глубине 90—110 см, а для зерновых (оптимальная влажность почвы 70—90% от ППВ) — на глубине 110—160 см.

В нормальный по осадкам период 1972 г. (май — июль, обеспеченность осадков 51%) для капусты оптимальный уровень грунтовых вод был на глубине 90—110 см, для зерновых — 120—170 см.

В засушливый период 1972 г. при отсутствии осадков и температуре воздуха до 35°C для капусты уровень грунтовых вод поддерживали на глубине 40—60 см, чтобы обеспечить растения легкодоступной влагой.

Таблица 5

Влажность пахотного слоя (0—22 см) в зависимости от глубины
грунтовых вод при различной обеспеченности осадков в 1971—1972 гг.
(выращивание капусты)

Глубина грунтовых вод, см	1971 г.	1972 г.
	Обеспеченность осадков за период май—октябрь—62 %	Засушливый период. Обеспе- ченность осадков за период август—сентябрь 85 %
40—60	$\frac{38}{100}$	$\frac{28}{80}$
60—80	$\frac{36}{95}$	$\frac{25}{72}$
80—100	$\frac{35}{92}$	$\frac{22}{63}$
100—120	$\frac{32}{84}$	$\frac{20}{57}$
140—160	$\frac{27}{71}$	$\frac{16}{46}$
160—180	$\frac{23}{60}$	$\frac{13}{37}$

Примечание. В числителе — влажность почвы в процентах от веса абсолютно сухой почвы; в знаменателе — влажность почвы в процентах от ППВ.

В совхозе «Клементьево» в засушливый период 1972 г. при колебаниях уровня грунтовых вод от 40 до 120 см капуста дала хороший урожай (до 600—700 ц/га), хотя в отдельные кратковременные периоды, когда уровень грунтовых вод опускался до 120 см от поверхности, имел место недостаток влаги.

Для зерновых в засушливый период 1972 г. уровень грунтовых вод удерживали на глубине 80—100 см. При этой глубине влажность пахотного слоя равнялась 65—75% от ППВ, что близко к оптимальной влажности почвы для этой культуры.

В 1973 г. количество осадков в вегетационный период значительно превышало норму (обеспеченность за май — октябрь — 7,1%). Например, в августе их выпало 138 мм, что

на 84% больше нормы. Дополнительного увлажнения в этом году не требовалось, так как влажность пахотного слоя при глубине заложения дрен 0,9—1,10 м находилась в пределах 85—100% от ППВ.

Подпочвенными поливами через дрена верхний слой почвы 0—10 см увлажняется значительно меньше, чем в среднем весь пахотный слой. Слой почвы 0—3 см при отсутствии осадков вообще не увлажняется из-за крупных пор, препятствующих капиллярному току воды, особенно сразу после обработки почвы. Недоувлажнение верхнего (10 см) слоя почвы во время засух особенно неблагоприятно сказывается при выращивании рассадных культур на ранних стадиях их развития (в период приживания). После того как корневая система растений достаточно разовьется, недоувлажнение верхнего слоя не опасно, более того, этот рыхлый слой препятствует испарению влаги из почвы. В 1971—1972 гг. для приживаемости рассады капусты было достаточно воды, которая подавалась во время посадки растений, и дождей, в 1971 г. выпавших через 6—7 дней после посадки; в 1972 г. — через 5—8 дней.

На суглинистых почвах в период сильных засух хорошую приживаемость растений получают, повысив уровень грунтовых вод до 40—45 см от поверхности и увеличив подачу воды посадочными машинами. На супесчаных и песчаных почвах трудно увлажнить верхний (0—10 см) слой путем искусственного подъема грунтовых вод, и в периоды сильных засух растения могут погибнуть. Поэтому требуется полив дождеванием.

При подпочвенном увлажнении корнеобитаемого слоя через дрена за критерий водного режима почвы берут уровень грунтовых вод, при поливах дождеванием — влажность почвы.

Суммарное водопотребление. При подпочвенном увлажнении корнеобитаемого слоя через дрена суммарное водопотребление отличается по величине от водопотребления при других способах полива (поверхностных, дождеванием и др.).

Такой способ увлажнения на поверхности почвы не создает корку, верхний рыхлый слой (0—5 см) предохраняет почву от излишнего испарения, листья растений не смачиваются поливной водой. Все это способствует экономному расходованию оросительной воды.

Суммарное водопотребление определяется из уравнения водного баланса:

$$E = \alpha Q + (\alpha_1 P - S - S_1) + \Delta W + Z, \quad (10)$$

где E — транспирация растениями влаги и испарение с поверхности почвы (суммарное), м³/га;

Q — оросительная норма м³/га, равная объему подаваемой через дрены воды;

α — коэффициент, учитывающий отток грунтовых вод за пределы увлажняемой площади, равный 0,8—0,9;

P — осадки, м³/га;

α_1 — коэффициент использования осадков, равный 0,9—0,95;

S — поверхностный сток, м³/га;

S_1 — дренажный сток, м³/га;

Z — конденсация водяных паров в почве, м³/га.

Для системы двустороннего регулирования водного режима при малых уклонах участка (0,001—0,002) поверхностный сток отсутствует, а дренажный сток задерживается задвижками, которыми оборудована система, то есть S и S_1 равны нулю.

$$\Delta W = W_{\text{нач}} - W_{\text{кон}} \quad (11)$$

где ΔW — осенне-зимний запас влаги, м³/га;

$W_{\text{нач}}$ — начальный запас влаги в корнеобитаемом слое почвы, м³/га;

$W_{\text{кон}}$ — конечный запас, м³/га;

Пары конденсируются в основном, в ночное время, когда пахотный слой холоднее подпахотного. Конденсация приблизительно равна 0,2 мм/сутки.

Имеют некоторое значение и росы во время резких перепадов дневных и ночных температур.

При расчетах суммарного водопотребления определяют коэффициент суммарного водопотребления, то есть расход воды на единицу продукции:

$$K = \frac{E}{Y} \text{ м}^3/\text{т}, \quad (12)$$

где E — испарение, м³/га;

Y — урожай, т/га.

В таблице 6 приведен расчет суммарного водопотребления для системы в совхозе «Клементьево».

Таблица 6

Суммарное водопотребление в слое почвы 0—60 см на опытных участках
в совхозе «Каленгильево» Московской области

Год	Культура	Продолжительность вегетационного периода	Расстояние между рядами, м	$\pm Q$, м ³ /га	$\pm P$, м ³ /га	$W_{\text{кис}}$, м ³ /га	$W_{\text{кис}}$, м ³ /га	ΔW , м ³ /га	Z , м ³ /га	E , м ³ /га	γ , т	$K \frac{E}{\gamma}$, м ³ /т
1970	Ячмень Московский 121	28/V—3/IX (98 суток)	10	375	1130	1760	1440	+320	196	2026	3,59	565
			15	375	1130	1775	1506	+269	193	1956	3,33	589
			20	375	1130	1847	1527	+320	196	2026	3,11	653
			30	375	1130	1851	1446	+385	196	2091	2,94	712
			30 (осушение)	375	1130	1900	1400	+500	196	1826	2,30	796
1971	Капуста Слава-1305	18/VI—13/X (118 суток)	10	907	1830	2340	2220	+20	236	2583	57,1	52,3
			15	907	1830	2180	2220	—40	236	2933	56,1	50,5
			20	907	1830	2220	2220	0	236	2973	51,5	55,8
			30	907	1830	2130	2200	—70	236	2903	49,2	60,8
			30 (осушение)	907	1830	1950	1700	+250	236	2316	37,1	62,4
1972	Капуста Слава-1305	7/VI—25/IX (111 суток)	10	1800	1542	2073	1895	+187	222	3751	67,6	55,4
			15	1800	1542	2074	1570	+404	222	3938	62,5	63,5
			20	1800	1542	2055	1680	+375	222	3940	57,8	68,2
			30	1800	1542	2055	1520	+535	222	4099	54,5	74,8
			30 (осушение)	1800	1542	2000	1650	+340	222	2101	16,3	123,8
1973	Капуста Слава-1305	25/IV—15/IX (112 суток)	10	728	2980	1920	2090	170	224	3762	52,4	71,8
			15	728	2980	1890	1990	100	224	3832	58,5	65,6
			20	728	2980	1910	2130	220	224	3712	58,3	63,6
			30	728	2980	1930	1970	40	224	3892	44,4	87,7
			30 (осушение)	728	2980	2060	2200	140	224	3064	26,1	117,3

В 1970 г. при обеспеченности осадков в вегетационный период 76% и одним увлажнении ячменя нормой 380 м³/га использовались осенне-зимние запасы влаги при двустороннем регулировании водного режима 250—385 м³/га и односторонним — 500 м³/га.

Коэффициент водопотребления на участках с двусторонним регулированием водного режима уменьшается вместе с расстоянием между дренами и колеблется от 565 м³/т при расстояниях 10 м до 712 — при 30 м.

На участках с односторонним регулированием водного режима коэффициент водопотребления составляет 796 м³/т.

В 1971 г. при обеспеченности осадков в вегетационный период 62% и трех увлажнениях капусты нормами в среднем по 335 м³/га осенне-зимние запасы влаги практически не использовались и водопотребление полностью осуществлялось за счет поливов и осадков.

Вследствие невысоких температур и высокой влажности воздуха (осадки выпадали часто, но в небольших количествах) коэффициент водопотребления имел низкие значения (52,3—50,5 м³/т при расстояниях между дренами 10—15 м и 60,8 м³/т при расстояниях 30 м). С уменьшением расстояний между дренами уменьшался коэффициент водопотребления.

В 1972 г. первая половина вегетационного периода для капусты была нормальной по увлажнению, вторая половина — сильно засушливая. Сверх нормы осадки выпали в июне (количество осадков 85 мм, обеспеченность 15%). До третьей декады июля водопотребление почти полностью обеспечивалось за счет выпадавших осадков, но затем после резкого повышения температуры (до 35°C) и при малом количестве осадков внутренние осенне-зимние запасы почвенной влаги начали быстро расходоваться. Например, на неувлажняемой площади с односторонним регулированием водного режима (осушение) запасы влаги в слое почвы 0—60 см за период с 26 июля по 21 августа сократились на 1130 м³/га (с 2230 м³/га до 1100 м³/га), а среднесуточное водопотребление достигало 4,2 мм. С третьей декады июля по вторую декаду сентября провели шесть подпочвенных увлажнений средней нормой по 335 м³/га при колебаниях норм увлажнения от 700 м³/га в августе до 130 м³/га — во второй декаде сентября.

Коэффициенты водопотребления в этом году были несколько выше, чем в 1971 г. (55,4 м³/т при расстояниях между

дренами 10 м и 74,8 м³/т — при расстояниях 30 м). Однако на неувлажняемой площади водопотребление резко возросло по сравнению с 1971 г. и составило 129,8 м³/т (в 1971 г. оно равнялось 62,4 м³/т).

В 1973 г. при обеспеченности осадков за вегетационный период 7,1% и двух увлажнении корнеобитаемого слоя нормами в среднем по 400 м³/га внутренние осенне-зимние запасы влаги, в том числе и на контроле, не были использованы. Невысокий урожай и высокий коэффициент водопотребления на контроле объясняются снижением урожая из-за частичного поражения растений капусты килой. На увлажняемом участке поражение килой было значительно меньше.

Из вышеприведенных данных следует, что при подпочвенном увлажнении корнеобитаемого слоя через дрена на избыточно увлажненных почвах суммарное водопотребление значительно меньше по сравнению с неорошаемыми площадями.

Коэффициент водопотребления для капусты на суходольных неорошаемых площадях Московской области составляет 80—90 м³/т (данные ВНИИГиМ), при двустороннем регулировании водного режима почвы — 60 м³/т (снижение на 33—50%); для зерновых соответственно — 800 и 600 м³/т (снижение на 33%).

ДИНАМИКА УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД. РАСЧЕТ ДРЕНАЖНО-КОЛЛЕКТОРНОЙ СЕТИ

Высоту подъема уровня грунтовых вод при подпочвенном увлажнении через дрена определяют по формуле:

$$H = \frac{Q}{100 \mu}, \quad (13)$$

где H — высота подъема уровня грунтовых вод, см;
 Q — количество воды, подаваемой в дрена, м³/га;
 μ — коэффициент водоотдачи, определяемый экспериментальным путем или по формулам:

Г. Д. Эркина — для минеральных грунтов:

$$\mu = 0,056 K^{1/2} H^{1/2}, \quad (14)$$

А. И. Ивицкого — для торфяных грунтов:

$$\mu = 0,115 K^{1/2} H^{1/2}, \quad (15)$$

где K — коэффициент фильтрации почвогрунта, м/сутки;

H — глубина уровня грунтовых вод, м.

Формула 13 применяется при расстояниях между дренами не более 20 м, чтобы быстро определить высоту подъема воды в полевых условиях. При двустороннем регулировании водного режима почвы уровень грунтовых вод при поливах меняется следующим образом.

Сначала вода из главного коллектора поступает в приемный колодец вспомогательного коллектора, затем в регулирующие дрена. Поскольку для их заполнения требуется сравнительно небольшой объем воды, напор ее в приемном колодце нарастает довольно быстро, затем постепенно стабилизируется. Над дренами в течение первых нескольких часов вода поднимается также со значительной скоростью, затем подъем ее затухает.

Величина подъема уровня грунтовых вод при подпочвенном увлажнении приведена в таблице 7.

Наиболее интенсивно грунтовые воды поднимаются над дренами (до 60—80 см/сутки) и в 2 м от них (до 30—40 см/сутки). В 5 и 7,5 м от дрен интенсивность подъема резко снижается и составляет 10—15 см/сутки, а в 10 и 15 м — 9—5 см/сутки. Чем меньше расстояния между дренами, тем равномернее увлажнение. При расстояниях между дренами 10 и 15 м вода от дрены до середины междреннего пространства доходит в течение первых суток, при расстояниях 20—30 м — на вторые и третьи сутки.

С наибольшей скоростью грунтовые воды поднимаются в первые полтора-двое суток, затем в результате установления равновесия между притоком и расходом поступающей воды, а также сокращения разницы между напорами воды в приемных колодцах и над дренами подъем уровня грунтовых вод по всему междренью затухает.

Скорость опускания уровня грунтовых вод после полива при открытых задвижках колеблется в пределах 30—40 см/сутки над дренами и 10—5 — при различных расстояниях от них, при закрытых задвижках соответственно — 10—12 и 4—2 см/сутки. При расстояниях между дренами 30 м увлажнение неравномерно, грунтовые воды поднимаются близко к поверхности, а в середине между дренами они находятся на глубине около 1 м.

При подъеме воды над дренами в засыпке траншей происходит потеря напора, которая зависит от рыхлости и механи-

Таблица 7

Динамика уровня грунтовых вод при подтопленном увлажнении на
системе в совхозе «Каспийское» Московской области

Расстояние между дренами, м	Глубина прокладки молочка, см	Рас- сто- яние от дрен, м	Положение уровня грунтовых вод, см					Уровень воды от поверхности в конце увлаж- нения
			за первое суток	за второе суток	за третье суток	за четвертое суток	всего	
10	103	0	33	9	9	3	3/VIII-6/VIII*	6/VIII
		2,0	42	15	12	7	73	45
		5,0	55	12	10	8	69	59
15	83	0	14/IX-15/IX	15/IX*	—	—	14/IX-15/IX**	60
		2,0	49	5	—	—	54	60
		7,5	13	10	—	—	23	94
20	102	0	31/VIII-1/IX	1/IX-2/IX	2/IX-3/IX	3/IX-4/IX	15	97
		2,0	44	11	7	3	31/VIII-4/IX***	4/IX
		5,0	19	8	8	4	65	53
30	112	0	—	—	—	—	—	83
		2,0	77	12	11	4	43	83
		7,5	46	22	9	5	6	114
		15,0	—	5	16	—	11/IX-14/IX****	14/IX
			—	—	9	—	100	12
			—	—	—	—	77	36
			—	—	—	—	26	97
			—	—	—	—	9	101

* — 76 ч подлива;

** — 32 ч подлива;

*** — 90 ч подлива;

**** — 63 ч подлива.

ческого состава засыпки и колеблется от 16 до 23 см. Учитывая водно-физические свойства грунтов, для уплотненных засыпок потери напора принимают для песков и супесей — 15 см, для суглинков — 20 см.

Максимально допустимую длину дрена-увлажнителей определяют необходимым напором грунтовых вод над дренами, уклоном увлажняемого участка и минимально допустимыми уклонами дрена.

При увлажнении дерново-аллювиальных среднесуглинистых почв с глубиной грунтовых вод над коллекторами и дренами 20—30 см от поверхности в течение 3—4 дней наблюдается полегание ячменя и слабое угнетение капусты. Минимальная глубина грунтовых вод над дренами при поливе в течение одних-двух суток на среднесуглинистых почвах без ущерба для растений принята 30 см, на песках, учитывая капиллярные свойства — 20, торфах и супесях — 25, глинах — 40 см.

Практически при увлажнении уровень грунтовых вод над дренами устанавливается горизонтально, максимальная длина регулирующих дрена-увлажнителей равна:

для поверхности с уклоном:

$$B_1 = \frac{H_2 - H_1}{i} \text{ м,} \quad (16)$$

где B_1 — максимально допустимая длина дрена, м;
 H_2 — допустимая глубина грунтовых вод при увлажнении в истоке дрена, м;
 H_1 — допустимая глубина грунтовых вод при увлажнении в устье дрена, м;
 i — уклон поверхности земли. Для дрена с отстойниками уклон принимают 0,001, чтобы промыть дрена под напором, и, если их диаметр не менее 75 мм, дрена не имеют уклона;
 для безуклонной поверхности:

$$B_2 = \frac{H_1 - H_2}{i} \text{ м,} \quad (17)$$

где B_2 — длина дрена, м;
 H_1 — глубина заложения дрена в устье, м;
 H_2 — минимально допустимая глубина заложения дрена в истоке, м;
 i — минимально допустимый уклон дрена.

Допустимая глубина грунтовых вод при увлажнении в истоке дрен принята: для песков и супесей — 0,4—0,6 м, суглинков и торфов — 0,5—0,7 м.

Исходя из вышеприведенных данных длина дрен может колебаться от 50 до 500 м. Но учитывая, что длина дрен лимитируется техническими условиями при осушении и допустимыми напорами воды в подпорных сооружениях, максимально допустимую длину дрен-увлажнителей конструктивно устанавливают 300 и минимальную — 50 м. При уклонах поверхности и дрен от 0 до 0,005 площадь, приходящаяся на одно подпорное сооружение, по расчетам колеблется от 4 до 20 га.

Напор воды в головном приемном колодце (отстойнике) всей системы определяют, исходя из необходимого напора в самом удаленном распределительном колодце (подпорном сооружении), путевых потерь напора по длине проводящего коллектора на участке от головного колодца до самого удаленного распределительного колодца, уклона и длины проводящего коллектора на этом участке:

$$H_{\text{гол}} = H_{\text{распр}} + H_{\text{пут}} - L_{\text{п.к.}} \cdot i_{\text{п.к.}} \quad (18)$$

где $H_{\text{гол}}$ — напор в головном приемном колодце, м;
 $H_{\text{распр}}$ — напор в самом удаленном распределительном колодце, м;
 $L_{\text{п.к.}}$ — длина проводящего коллектора на участке от головного колодца до самого удаленного распределительного колодца, м;
 $i_{\text{п.к.}}$ — уклон проводящего коллектора на этом участке.

Напор в распределительном приемном колодце (подпорном сооружении) при подаче воды через устья дрен равен:

$$H_{\text{распр.}} = H_{\text{др}} - H_2 + i_2 l + i_1 L_1 + h_{\text{пут. др.}} + h_{\text{пут. кол.}} + h_{\text{зас.}} \quad (19)$$

где $H_{\text{распр.}}$ — напор воды в распределительном колодце, м;
 $H_{\text{др}}$ — допустимая глубина заложения самой удаленной от распределительного колодца регулирующей дрены-увлажнителя в ее истоке, м;
 H_2 — допустимая глубина грунтовых вод при увлажнении над самой удаленной дреной в ее истоке, м;
 i_1 — уклон распределительного коллектора от его устья до самой удаленной от него дрены, м;
 L_1 — длина этого участка коллектора, м;
 i_2 — уклон самой удаленной дрены-увлажнителя, м;

- l — длина этой дрены, м;
 $h_{\text{пут. др}}$ — путевые потери напора по длине самой удаленной дрены, м;
 $h_{\text{пут. кол}}$ — путевые потери напора в коллекторе от устья самой удаленной дрены до устья коллектора, м;
 $h_{\text{зас}}$ — потери напора в засыпке траншей коллектора и дрены, м.

Напор в приемном колодце (подпорном сооружении) при подаче воды через истоки дрены равен:

$$H_{\text{распр.}} = H_{\text{др.}} - H_2 + i_{\text{кол}} L_{\text{кол}} + h_{\text{пут.}} + h_{\text{зас.}}, \quad (20)$$

- где $H_{\text{др.}}$ — допустимая глубина заложения в истоке самой удаленной от колодца дрены, м;
 H_2 — допустимая глубина грунтовых вод в истоке над этой дренажной при увлажнении, м;
 $i_{\text{кол}}$ — уклон увлажнительного коллектора от истока самой удаленной дрены до подпорного сооружения, м;
 $L_{\text{кол}}$ — длина коллектора на этом участке, м;
 $h_{\text{пут.}}$ — путевые потери напора по длине коллектора от подпорного сооружения до истока самой удаленной регулирующей дрены, м;
 $h_{\text{зас.}}$ — путевые потери напора в засыпке траншей коллектора, м.

При определении потерь напора на сопротивление в трубах коллектор рассматривают как трубопровод с сосредоточенным распределением расхода по его длине, а дренаж — как трубопровод с непрерывной раздачей воды по пути. Стихи между дренажными трубами характеризуются как отверстия в толстой стенке ($\frac{b}{d} > 5$), поэтому потери напора по длине дрены рекомендуется определять по формуле Г. А. Петрова, преобразованной А. П. Тельцовым:

$$H_{\text{др}} = \frac{Q^2 l}{3 K^2}, \quad (21)$$

- где $H_{\text{др}}$ — потери напора по длине дрены, м;
 $K = c \sqrt{R i}$ — расходная характеристика;
 R — гидравлический радиус, м;
 ω — площадь поперечного сечения трубы, м²;
 Q — расход воды, поступающей в дренаж, м³/с;
 i — уклон дрены;
 l — длина дрены, м.

Коэффициент C можно определить по формуле И. И. Агроскина:

$$C = \frac{1}{n} + 17,72 \lg R, \quad (22)$$

где n — коэффициент шероховатости для гончарных труб, равный 0,012—0,014.

Потери напора в коллекторе можно рассчитать по формуле:

$$h_{\text{кол}} = \frac{Q_{\text{кол}} L}{K^2}, \quad (23)$$

где $h_{\text{кол}}$ — потери напора в коллекторе, м;

Q — расход коллектора, м³/с;

L — расстояния между дренами-увлажнителями по длине коллектора, м;

K — расходная характеристика.

В системе двустороннего действия используют гончарные и пластмассовые трубы.

Размеры гончарных дренажных труб и их вес даны в таблицах 8—9.

Таблица 8
Размеры гончарных дренажных труб ГОСТ 8411—62

Внутренний диаметр, мм		Толщина стенок, мм		Вес одной трубы, кг	Потребность в общем количестве, %
Размер	Допускаемые отклонения	Размер	Допускаемые отклонения		
40	±2	10	±2	1,2—1,5	80—90
50	±3	11	±2	1,3—1,7	60—90
75	±3	43	±2	2,5—3,0	5—12
100	±4	15	±3	3,5—4,5	2—5,2
125	±4	18	±3	4,5—6,5	1—1,8
150	±4	20	±3	7,0—8,5	0,5—1
175	±5	22	±5	8,5—10	0,3—0,5
200	±5	23	±5	10—12	0,2—0,5
250	±5	24	±5	13	0,1

Примечание.

Трубы диаметром до 100 мм изготавливаются длиной 333 мм, при большем диаметре — 500 мм.

Таблица 1

Расход гончарных труб на 1 га осушаемой площади в зависимости от расстояния между дренами

Расстояние между дренами, м	10	12	14	16	18	20	25	30	40
Количество труб, тыс. штук	3,3	2,7	2,4	2,0	1,8	1,65	1,3	1,05	0,82

При подаче воды через устья дрен уклон головного коллектора и диаметры труб подбирают такие, чтобы коллектор пропускал заданный расход, а приемный колодец системы (отстойник) не был сильно заглублен.

Уровень воды в приемном колодце головного коллектора (отстойника) регулируют расходом воды, подаваемой в систему. С увеличением расхода уровень воды в колодце повышается и наоборот.

Если воду подают со стороны устьев дрен, то расчетный уровень воды в головном и распределительных приемных колодцах (подпорных сооружениях) находится у поверхности земли или на 5—10 см ниже ее, чтобы не было излишнего переувлажнения почвы над коллекторами. Однако во время эксплуатации системы напор воды в приемном колодце повышают на 10—15 см, чтобы быстрее увлажнить корнеобитаемый слой. В данном случае вода над коллектором не будет выходить на поверхность, так как излишний напор (10—15 см) гасится в засыпке траншей коллектора.

При подпочвенном увлажнении даже небольшое увеличение напора в приемных колодцах и над дренами ускоряет увлажнение корнеобитаемого слоя. На системе в совхозе «Клементьево» уровень воды в приемном колодце удерживают выше поверхности земли на 20—30 см. При этом гибель урожая над коллектором, непосредственно отходящем от колодца, наблюдалась лишь на протяжении 15—20 м от колодца. Уровень воды выше поверхности на 5—10 см удерживался и в ряде приемных распределительных колодцев; ухудшение роста и развития растений над коллекторами было лишь в 3—5 м от колодцев.

Если уровень воды в приемных колодцах удерживается выше поверхности земли, колодцы делают с хорошей гидро-

изоляция и т. п., в противном случае площадь переувлажняется не только над коллектором, но и вокруг колодцев.

При подаче воды через устья дрен глубину главных коллекторов принимают до 2 м, распределительных — до 1,8 м. Напор в головных приемных колодцах достигает 2 м, в распределительных — 1,7 м.

Если уклоны поверхности земли, регулирующих дрен и коллекторов составляют 0,001—0,002, а площадь увлажняемых участков, приходящаяся на одно подпорное сооружение, колеблется от 1,5 до 2,5 га, то при напорах в распределительных колодцах до 1,1 м корнеобитаемый слой удовлетворительно увлажняется даже в засушливый год.

На площади, приходящейся на одно подпорное сооружение, строят шесть наблюдательных колодцев из асбестоцементных труб с перфорацией, которые устанавливают в 3 м от устья и в 3 м от истока центральной дрены, в середине центрального междуренья, его начале, середине и конце.

Глубина наблюдательных колодцев не менее 2 м. Их делают составными, полузакрытого типа. Во время обработки почвы верхняя часть убирается, после обработки — снова восстанавливается.

В подпорных сооружениях применяют задвижку типа «Лудло», но более удобны клапаны-хлопушки и др.

Режим увлажнения

При подпочвенном увлажнении через дрены поливную норму подают постепенно за один-два суток, причем количество поступающей в почву воды меняется с изменением глубины грунтовых вод. Поэтому уровень их надо удерживать в определенном диапазоне, при котором обеспечивается влажность корнеобитаемого слоя почвы, необходимая для нормального роста и развития культур.

Следовательно, увлажнительная норма нетто должна быть равна объему воды, который размещается в свободных от воды порах подпочвы, лежащей на допустимой глубине грунтовых вод:

$$m_{\text{нет}} = 100 (H_n - H_v) \mu \text{ м}^3/\text{га}, \quad (24)$$

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

μ — коэффициент водоотдачи;

H_n — начальная глубина грунтовых вод (см) перед увлажнением, соответствующая нижнему пределу до-

пустимой влажности почвы, равному влажности разрыва капиллярной связи;

H_k — конечная глубина грунтовых вод, мм.

В засушливые периоды (обеспеченность осадков 90—75%) H можно принимать в песках 70 см, супесях и мало-мощных торфяниках, подстилаемых песком, — 70—80, глубоких, хорошо разложившихся торфяниках и суглинках — 80—90 см. При нормальном количестве осадков (обеспеченность 50%) не допускают понижения грунтовых вод на глубину более 120—130 см, так как во время засухи это приводит не только к большим поливным нормам, но и к потере урожая при наступлении засухи вследствие инерционности передвижения влаги из грунтовых вод в корнеобитаемый слой.

H_k — конечный уровень грунтовых вод после увлажнения зависит от капиллярных свойств почвы, глубины корневой системы растений, обеспеченности осадков. После посева и на ранних стадиях развития растений, когда их корневая система расположена близко к поверхности, во время засухи H устанавливают на песках 30—35 см, на супесях и торфах — 35—40, на суглинках — 40—50 см.

В поздние стадии развития растений, чтобы не допустить подтопления основной массы корней, которая располагается в слое 30—40 см, H_k принимают: в песчаных почвогрунтах 30—40 см, в супесчаных и торфах — 40—45 и суглинках — 45—50 см.

Коэффициент водоотдачи определяют лабораторным путем или по формулам Г. Д. Эркина (14) для минеральных грунтов и А. И. Иванского (15) для торфяников. За расчетный берется уровень грунтовых вод перед началом увлажнения H_n .

Поливную норму брутто, учитывающую потери воды в период увлажнения почвы, находят по формуле:

$$m_{бр} = 100 (H_n - H_k) \mu + q_1 + q_2 + Q_{от}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (25)$$

где q_1 — расход воды на суммарное испарение из почвы ($\text{м}^3/\text{га}$) за время увлажнения, определяемый по формуле С. Ф. Аверьянова (6) или по графикам 4а—4ж. В среднем он может быть принят равным $40 \text{ м}^3/\text{га}/\text{сутки}$;

q_2 — путевые потери воды от водонесочника до увлажняемого участка (в подводящих каналах, коллекторах), $\text{м}^3/\text{га}$;

$Q_{от}$ — отток поливной воды за пределы увлажняемого участка, м³/га.

Остальные обозначения те же, что и в формуле (24).

Больших значений отток достигает при сильном понижении грунтовых вод на соседней неувлажняемой площади. Чем меньше увлажняемый участок, тем больше отток в расчете на единицу этой площади.

В благоприятных условиях отток может быть 10% от поливной нормы нетто, в неблагоприятных — 30, а в среднем — 15%.

Практически общие потери принимают равными 20—40% от поливной нормы нетто.

В таблице 10 приведены поливные нормы брутто, рассчитанные по формуле (25).

Таблица 10

Поливные нормы брутто в зависимости от высоты подъема уровня грунтовых вод и коэффициента водоотдачи, м³/га

Высота подъема У.Г.В. $H_{гк} - H_{гк}$, см	Коэффициент водоотдачи, μ			
	0,01	0,05	0,10	0,15
40	130	220	420	630
60	200	315	630	990
80	260	420	840	1280

Исследованиями установлено, что во влажный год (обеспеченность осадков 25—30%) поливные нормы составляют 200—250 м³/га, оросительные — 600—750 м³/га; в средние по увлажнению годы (обеспеченность осадков 50%) соответственно 250—300 и 1000—1500 м³/га; в засушливые периоды (обеспеченность осадков 75—90%) 400—700 и 2000—3000 м³/га.

Время между поливами определяют из уравнения водного баланса:

$$m_{оп} = Et - \alpha P - K, \quad (26)$$

откуда

$$t = \frac{m_{оп} + \alpha P + K}{E}, \quad (27)$$

где t — время между поливами, сутки;
 m_{op} — поливная норма брутто, м³/га;
 P — осадки, м³/га;
 α — коэффициент использования осадков, равный 0,9—0,95;
 K — конденсация водяных паров в почве, м³/га;
 E — среднесуточное суммарное испарение, м³/га.

Поскольку, как показывает опыт, время между поливами во время засух составляет примерно 7—12 суток, величина P берется по декадной заданной обеспеченности за тот период, для которого производится расчет сроков полива (табл. 11).

Таблица 11

Время между поливами, рассчитанное по формуле 27 при $E=4$ мм/сутки

Полная норма m_{op} , м ³ /га	Средне- ежедневные осадки P , мм	Время между поливами t , сутки	Полная норма m_{op} , м ³ /га	Средне- ежедневные осадки P , мм	Время между поливами t , сутки	Полная норма m_{op} , м ³ /га	Средне- ежедневные осадки P , мм	Время между поливами t , сутки
200	0,00	5,0	200	20	10,0	200	30	12,5
300	0,00	6,5	300	20	12,5	300	30	15,0
400	0,00	10,5	400	20	15,0	400	30	17,5
500	0,00	12,5	500	20	17,5	500	30	20,0
600	0,00	15,0	600	20	20,0	600	30	22,5

E определяют экспериментальным путем или по формулам. Практически оно может быть принято 30—50 м³/сутки.

Если величиной K пренебречь из-за ее малого значения, то формула 27 примет следующий вид:

$$t = \frac{m_{op} + 10 P}{10 E}, \quad (28)$$

где P и E в мм.

При подпочвенном поливе продолжительность увлажнения равна:

$$t_y = \frac{m_{op}}{0,001 M_y t_c} \text{ дней}, \quad (29)$$

где m_{op} — поливная норма брутто в м³/га, определяемая по формуле (25);

M_y — модуль увлажнения, л/с/га;

t_c — продолжительность увлажнения в течение суток, с.

Лучше всего поливы проводить круглые сутки, однако по ряду причин (заправка горючим насосной станции, текущий ремонт и т. п.) сделать это часто бывает невозможно. В течение суток поливы ведут не менее 21—22 ч.

Большое значение при определении времени увлажнения имеет модуль увлажнения, определение которого затруднительно.

Приблизительно модуль увлажнения рассчитывают по величине оттока воды из увлажнителя:

$$Q_0 = \frac{K}{L} (h_0^2 - h^2), \quad (30)$$

где Q_0 — отток воды из подпертой дрены-увлажнителя на единицу длины с одной ее стороны, м³/с;

K — коэффициент фильтрации, м/сутки;

L — $1/2$ расстояния между дренами-увлажнителями, м;

h_0 — высота подпора воды в дрене, считая от ее дна, м;

h — высота уровня грунтовых вод в середине между дренами-увлажнителями, считая от дна дрены, м.

Формула (30) справедлива при залегании дрены на водоупоре. При расположении водоупора ниже дна дрены вводится коэффициент всячести. Тогда формула принимает вид:

$$Q_0 = \frac{K}{L} (h_0^2 - h^2) B. \quad (31)$$

Обозначения те же, что и в формуле (30).

Коэффициент B может быть определен по формуле В. С. Козлова:

$$B = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{H_0 - T}{H_0} \cdot \frac{r}{T}}, \quad (32)$$

где H_0 — расстояние от поверхности земли до водоупора, м

T — глубина заложения дрены-увлажнителя, м;

r — радиус дрены, м.

Если водоупор располагается глубоко, то H_0 принимается равным глубине активной зоны, которая составляет для торфяников (данные Брусиловского) $2Z$ — $3Z$, для минеральных

грунтов (данные П. И. Шипенко) — $5Z-6Z$ (Z — напор воды в дрене, считая от ее дна).

Если уровень грунтовых вод находится выше активной зоны, то величина H_0 равна глубине грунтовых вод.

В таблице 12 приведен модуль увлажнения, рассчитанный по формулам (30) и (31).

Таблица 12

Отток воды и модуль увлажнения

Коэффициент фильтрации K , м/сутки	Расстояние между дренами, м			
	10		20	
	Объем оттока, л/с на 100 м ² дрены с двух сторон	Модуль увлаж- нения, л/с/га	Объем оттока, л/с на 100 м ² дрены с двух сторон	Модуль увлаж- нения, л/с/га
$h_0=1$ м, $h=0,2$ м при расположении дрены на водоупоре				
0,5	0,22	2,2	0,11	0,55
1,0	0,44	4,4	0,22	1,10
1,5	0,66	6,6	0,33	1,65
2,0	0,88	8,8	0,44	2,20
3,0	1,32	13,2	0,65	3,35
$h_0=1$ м, $h=0,2$ м при водоупоре ниже дна дрены на 1 м				
0,5	0,33	3,3	0,17	0,85
1,0	0,67	6,7	0,34	1,70
1,5	1,0	10,0	0,52	2,60
2,0	1,34	13,4	0,67	3,35
3,0	2,0	20,0	0,99	4,95

На дерново-аллювиальных средних суглинках (K_f с глубины 60 см = 1,28 м/сутки) модули увлажнения за 4 года составили в среднем 6—4 л/с/га при расстояниях между дренами 10—15 м и 4—3 л/с/га — при расстояниях 20—30 м.

Приблизительно модуль увлажнения принимают: для песков

и супесей — 8—6 л/с/га, средних суглинков и торфов — 4—6, тяжелых оструктуренных суглинков — 3—5 л/с/га.

Для определения времени увлажнения А. М. Янголем предложена формула, учитывающая расстояние между дренами, коэффициент фильтрации, расположение дрены по отношению к водоупору и т. д.:

$$t_p = \frac{L^2 [5 (0,5 h_0 + p - h_1) - P + e]}{KB (h_0^2 - h_1 h_2)}, \quad (33)$$

где t_p — время увлажнения, сутки;

L — $1/2$ расстояния между дренами, м;

ξ — коэффициент водоотдачи;

P — осадки, м

B — коэффициент висячности, определяемый по формуле (32);

e — суммарное испарение, м

Расчеты по формуле 33 показали, что при различных расстояниях между дренами, коэффициентах фильтрации, глубине водоупора и высоте подъема уровня грунтовых вод продолжительность увлажнения колеблется от 0,2 до 10 суток.

На системе в совхозе «Клементьево» за полтора-двое суток поливные нормы 500—700 м³/га полностью поглощались почвой. Быстрее поливная вода впитывается при меньших расстояниях между дренами-увлажнителями, более медленно — при больших.

Для удобства эксплуатации систему двустороннего действия рассчитывают таким образом, чтобы продолжительность полива увлажняемой за один прием площади не превышала двое суток.

На рисунках 5 и 6 приведены фактически сложившиеся режимы увлажнения почвы под капусту на системе двустороннего действия в совхозе «Клементьево» для среднего 1971 г. и засушливого 1972 г.

В 1972 г. на участке с двусторонним регулированием водного режима уровень грунтовых вод в течение вегетационного периода удерживался на глубине 40—130 см, тогда как при одностороннем действии системы он опустился на глубину до 360 см.

Приведенные данные показывают, что для удержания уровня грунтовых вод на благоприятной глубине в течение вегетационного периода в среднем по осадкам 1971 г. потребовалось три полива при оросительной норме 907 м³/га, в

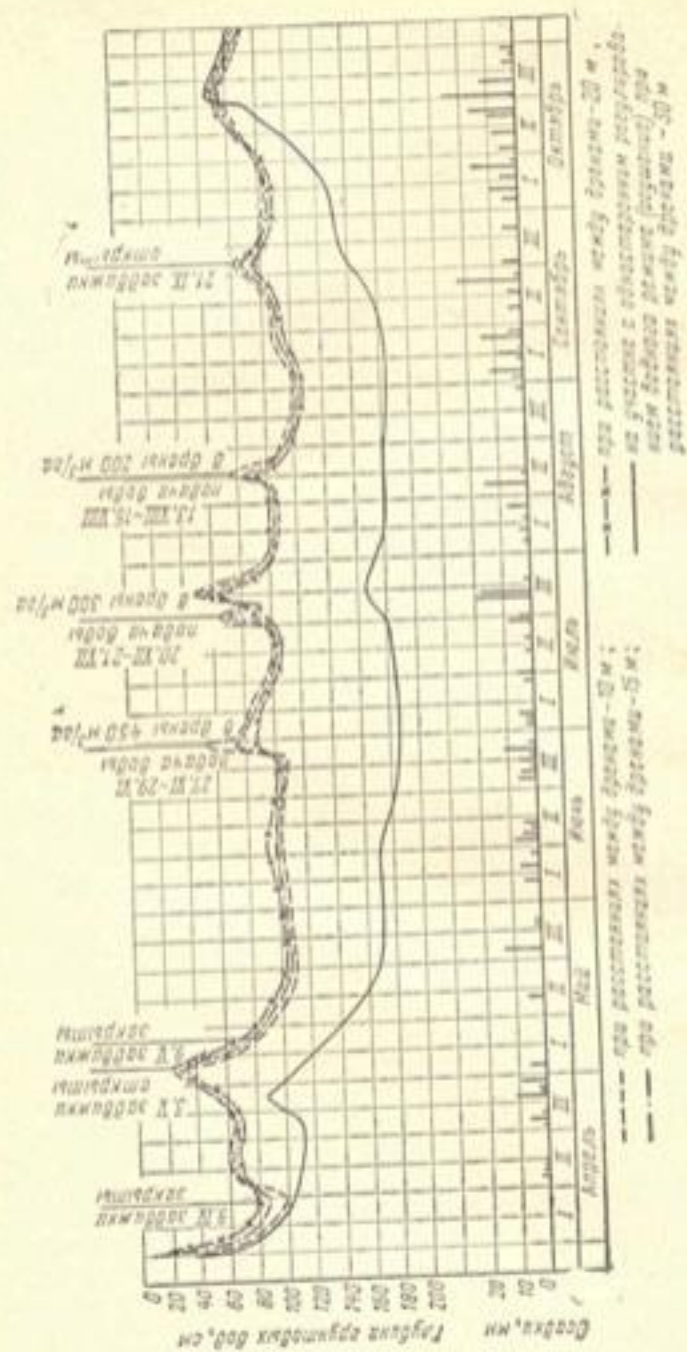


Рис. 5. Динамика уровня грунтовых вод между бурями на участках с двусторонним и односторонним руслом в озере «Каметьево» (1971 г.)

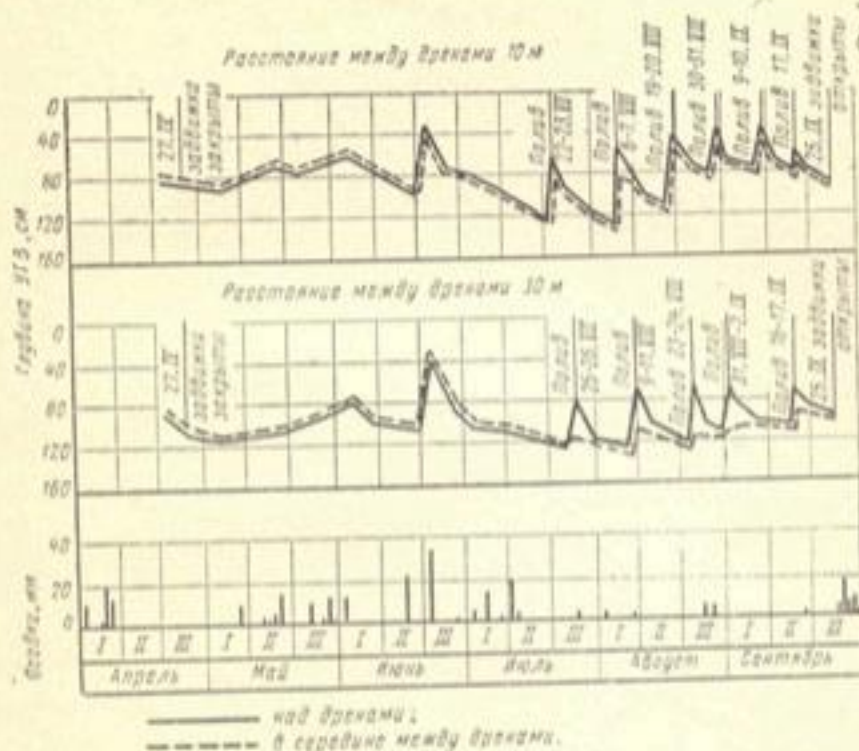


Рис. 6. Динамика уровня грунтовых вод при двустороннем регулировании водного режима почвы в совхозе «Клементьево» (1972 г.)

засушливом 1972 г. — шесть поливов при оросительной норме 2145 м³/га, во влажном 1973 г. — два полива при оросительной норме 770 м³/га.

Все три года урожай капусты были в пределах 500—700 ц/га. Для зерновых (ячмень сорт Московский 121) в 1970 г. провели один полив нормой 380 м³/га. Участок площадью 18 га поливали в течение 10—12 суток, а каждый отдельный участок, примыкающий к тому или другому вспомогательному коллектору в зависимости от его площади и расстояний между дренами — в течение одних-двух суток.

Производительность насосной станции рассчитывают по формуле:

$$Q_{n, \epsilon} = \frac{m_{0p} \omega}{t_y \Pi \cdot 3\beta} \text{ л/с}, \quad (34)$$

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

ω — поливаемая за один прием площадь, га;

t_y — время полива, сутки, принимаемое равным одним—трем суткам;

Π — продолжительность работы насосной станции в течение суток, принимаемая не менее 21—22 ч.

Чтобы рассчитать производительность насосной станции и системы двустороннего действия, берут площадь, увлажняемую за один прием. Желательно, чтобы она равнялась отдельному полю севооборота. Однако во время сильных засух (обеспеченность осадков 75—90%) в многопольных севооборотах требуется увлажнение нескольких полей. При недостатке воды в водонесущем поле с наименее требовательными культурами не поливают. Площадь участка, увлажняемая за один прием, может варьировать от нескольких гектаров до десятков гектаров в зависимости от экономических показателей, определяемых при проектировании.

Водонесущими для увлажнения служат реки, ручьи, озера, искусственные водохранилища, а для полива небольших площадей, — не пересыхающие осушительные каналы. При увлажнении больших площадей требуются крупные водонесущие, так как единовременный расход воды может достигать 100—200 л/с и более.

Расчет систем двустороннего действия ведут на 75%-ную обеспеченность осадков.

При увлажнении корнеобитаемого слоя через дренажи необходимо правильно определить их параметры, так как от них зависит эффективность действия системы.

Расстояние между дренажами

Для равномерного увлажнения площади регулирующие дренажи-увлажнители должны быть сгущены. Однако это можно получить, оборудовав обычную систему, рассчитанную только на осушение, подпорными сооружениями для регулирования стока, а также дополнительными коллекторами и насосной станцией для подачи воды.

Затраты при этом по сравнению с обычной осушительной сетью возрастают на 12—15%, но прибавка урожая быстро окупает дополнительные капиталовложения. Только за счет такого мероприятия, как регулирование дренажного стока, можно значительно улучшить водный режим почвы и получить дополнительную продукцию.

При подаче воды в регулируемую сеть, рассчитанную на осушение, вся площадь между дренами увлажняется до оптимальных значений не будет, но значительная ее часть (30—50%), прилегающая к дренам, может быть хорошо увлажнена. Кроме того, при подаче воды в дренах улучшается общий гидрологический режим на всем увлажняемом участке (происходит не только локальный, но и общий подъем уровня грунтовых вод).

Об этом свидетельствует опыт на системе двустороннего действия в совхозе «Клементьево», где в 1972 г. на увлажняемом участке с расстояниями между дренами 30 м урожай капусты составлял 546 ц/га, тогда как на неувлажняемом участке с таким же расстоянием между дренами он был 163 ц/га. Однако несмотря на возможность орошать земли через сеть, рассчитанную только на осушение, задача состоит в том, чтобы создать системы с такими расстояниями между дренами которые позволяли бы равномерно увлажнить всю площадь между дренами.

Для расчета расстояний между регулирующими каналами и дренами предложен ряд формул. Расстояния между каналами, позволяющие при шлюзовании поддерживать между ними нужную глубину грунтовых вод, определяют по формуле Б. Г. Гейтмана:

$$B = 2 \sqrt{\frac{K}{E} (2H - h)} \quad \text{м}, \quad (35)$$

где B — расстояние между каналами, м;
 K — коэффициент фильтрации, м/сутки;
 E — интенсивность испарения, м/сутки;
 H — высота уровня воды в канале над водоупором, м;
 h — глубина уровня воды в середине между каналами, м.

Но так как инфильтрация воды из каналов происходит через большую смоченную поверхность, чем из дрен, формула Б. Г. Гейтмана недостаточно точна для расчета расстояний между трубчатыми дренами-увлажнителями. А. Н. Костяков указывает, что, когда используются не открытые каналы, а закрытые дрена, расстояние между ними при прочих равных условиях должно быть меньше, чем по формуле Гейтмана в отношении:

$$\sqrt{\frac{\pi d}{2} \left(H - \frac{h}{2} \right)}, \quad (36)$$

где d — диаметр дрены-увлажнителя, м;

H и h — как и в формуле (35).

Для дрен-увлажнителей диаметром 0,5; 0,1; 0,15 м при изменении H от 1 до 2 м и h от 0,3 до 1 м величина этого отношения колеблется от 0,21 до 0,62.

В таблице 13 приведены расстояния между дренами-увлажнителями B , рассчитанные с учетом отношения (36) для различных K , H и h при $E=0,003$ м в сутки $d=0,05$ м.

В зависимости от параметров системы, почвенных и гидрогеологических условий расстояния между дренами-увлажнителями могут меняться от 2,5 до 25 м.

С увеличением диаметра дрен-увлажнителей расстояние между ними значительно увеличивают, но тогда возрастает стоимость системы. Поэтому в практике применяют дренаи-увлажнители с диаметром 0,05; 0,075 м. Для примерных расчетов суммарное испарение (E) в среднем принимают равным 0,003—0,004 м/сутки. Более точно для различных отрезков вегетационного периода его определяют по формулам И. А. Шарова (7), А. М. Алпатьева (8), Н. Н. Иванова (9) и др.

А. М. Янголем получена следующая формула для расчета расстояний между увлажнителями (каналами или дренами):

$$L_1 = 2 \pi \frac{t_p K (h_0^2 - h_1 h_2) M}{b (0,5 h_0 + \mu + h_1) - P + e}, \quad (37)$$

где L_1 — расстояние между дренами-увлажнителями, м;

t_p — продолжительность увлажнения, сутки;

K — коэффициент фильтрации, м/сутки;

h_1, h_2 — уровни грунтовых вод посредине между увлажнителями (каналами или дренами) от дна увлажнителя до подпора и после подпора воды в увлажнителе, м;

h_0 — подпорный уровень воды в увлажнителе, м;

b — активная порозность грунта в долях единицы (водоотдача);

P — слой осадков, выпавших за время увлажнения, м;

e — слой испарения грунтовых вод за время t_p , м;

μ — параметр, определяемый из уравнения:

$$\mu = \frac{h_2^2}{\sqrt{h_0^2 - h_2^2}} \operatorname{arcsinh} \sqrt{\frac{h_0^2}{h_2^2} - 1}, \quad (38)$$

Таблица 13

Расстояние между дренами-увлажнителями B_1 , рассчитанное по формуле Б. Г. Гейтмана
с учетом отношения 36 при $d=0,05$ и различных K , H и h

4 $K=0,1$			$K=0,3$			$K=0,5$			$K=0,7$			$K=1,0$			$K=1,2$			$K=1,4$		
H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1
1,0	0,75	4,0	1,0	0,75	6,9	1,00	0,75	9,0	1,00	0,75	10,7	1,0	0,75	12,7	1,0	0,75	14,0	1,0	0,75	15,1
1,0	0,5	3,2	1,0	0,5	5,5	1,00	0,5	7,2	1,00	0,5	8,5	1,0	0,5	10,1	1,0	0,5	11,1	1,0	0,5	11,9
1,0	0,3	2,5	1,0	0,3	4,3	1,00	0,3	5,6	1,00	0,3	6,5	1,0	0,3	7,8	1,0	0,3	8,6	1,0	0,3	9,3
1,5	1,0	4,6	1,5	1,0	7,9	1,51	1,0	10,2	1,51	1,0	12,1	1,5	1,0	14,5	1,5	1,0	15,8	1,5	1,0	17,1
1,5	0,75	3,9	1,5	0,75	6,8	1,50	0,75	8,7	1,50	0,75	10,3	1,5	0,75	12,3	1,5	0,75	13,5	1,5	0,75	14,6
1,5	0,5	3,5	1,5	0,5	5,6	1,50	0,5	7,2	1,50	0,5	8,5	1,5	0,5	10,2	1,5	0,5	11,2	1,5	0,5	12,1
2,0	1,0	4,6	2,0	1,0	8,0	2,01	1,0	10,3	2,01	1,0	12,2	2,0	1,0	14,6	2,0	1,0	15,9	2,0	1,0	17,2
2,0	0,75	3,9	2,0	0,75	6,9	2,00	0,75	8,9	2,00	0,75	10,5	2,0	0,75	12,5	2,0	0,75	13,8	2,0	0,7	14,9
2,0	0,5	3,2	2,0	0,5	5,5	2,00	0,5	7,5	2,00	0,5	8,5	2,0	0,5	10,1	2,0	0,5	11,1	2,0	0,5	12,0

$K=1,6$			$K=1,8$			$K=2,0$			$K=2,4$			$K=2,6$			$K=2,8$			$K=3,0$		
H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1	H	h	B_1
1,0	0,75	16,1	1,0	0,75	17,1	1,00	0,75	18,0	1,00	0,75	19,7	1,0	0,75	20,6	1,0	0,75	21,3	1,0	0,75	22,1
1,0	0,5	12,8	1,0	0,5	13,6	1,00	0,5	14,3	1,00	0,5	15,7	1,0	0,5	16,3	1,0	0,5	16,9	1,0	0,5	17,5
1,0	0,3	9,9	1,0	0,3	10,5	1,00	0,3	11,1	1,00	0,3	12,1	1,0	0,3	12,6	1,0	0,3	13,1	1,0	0,3	13,6
1,5	1,0	18,3	1,5	1,0	19,4	1,51	1,0	20,5	1,51	1,0	22,4	1,5	1,0	23,3	1,5	1,0	24,2	1,5	1,0	25,0
1,5	0,75	15,6	1,5	0,75	16,7	1,50	0,75	17,4	1,50	0,75	19,1	1,5	0,75	19,9	1,5	0,75	20,7	1,5	0,75	21,4
1,5	0,5	12,9	1,5	0,5	13,7	1,50	0,5	14,4	1,50	0,5	15,8	1,5	0,5	16,5	1,5	0,5	17,1	1,5	0,5	17,7
2,0	1,0	18,4	2,0	1,0	19,5	2,01	1,0	20,6	2,01	1,0	22,5	2,0	1,0	23,9	2,0	1,0	24,3	2,0	1,0	25,2
2,0	0,75	15,9	2,0	0,75	16,8	2,00	0,75	17,7	2,00	0,75	19,4	2,0	0,75	20,2	2,0	0,75	20,9	2,0	0,75	21,7
2,0	0,5	12,8	2,0	0,5	13,6	2,00	0,5	14,3	2,00	0,5	15,7	2,0	0,5	16,4	2,0	0,5	16,9	2,0	0,5	17,6

Таблица 14

Расстояния между дренами-увлажнителями, рассчитанные по формуле
А. М. Янголя
при напоре над дренами $h=1,0$ м
и суммарном $e=0,003$ м/сутки

Время увлажнения в сутках, $t_{гр}$	Высота У.Г.В. в сердине между дренами (от дна дрены) h_2	Коэффициент фильтрации К, м/сутки	Расстояния между дренами-увлажни- телями, м	
			при водоупоре 2 м ниже дна увлажни- теля $\alpha=1,31$	при залегании дрены на водо- упоре $\alpha=1,0$
1	0,4	0,5	8,9	6,8
		1,0	12,6	9,6
		1,5	15,5	11,7
		2,0	17,8	13,6
	0,6	0,5	6,6	6,6
		1,0	12,3	9,4
		1,5	14,9	11,5
		2,0	17,3	13,3
2	0,4	0,5	12,6	9,6
		1,0	17,8	13,6
		1,5	21,7	16,6
		2,0	25,2	19,2
	0,6	0,5	12,3	9,4
		1,0	17,3	13,3
		1,5	21,2	16,2
		2,0	24,6	18,8
3	0,4	0,5	15,4	11,7
		1,0	21,7	16,5
		1,5	26,7	20,3
		2,0	30,6	23,5
	0,6	0,5	14,9	11,5
		1,0	21,2	16,2
		1,5	25,9	19,9
		2,0	30,1	23,0

В таблице 14 приведены расстояния между дренами-увлажнителями, рассчитанные по формуле А. М. Янголя.

Если запроектированные расстояния между дренами-увлажнителями больше или меньше оптимальных для данных условий, уменьшают или увеличивают продолжительность полива.

На системе двустороннего действия на дерново-аллювиальной среднесуглинистой почве ($K_{\phi} = 1,28$ м/сутки), чтобы равномерно увлажнить корнеобитаемый слой, расстояния между дренами-увлажнителями должны быть примерно в 2 раза меньше, чем между дренами, рассчитанными только на осушение.

При уменьшении расстояний между осушительными дренами в 3 раза почва увлажняется лучше, однако экономически сгущение дрен в 3 раза не всегда выгодно.

Глубина заложения дрен-увлажнителей

Глубину заложения дрен на системах двустороннего действия устанавливают не по преобладающей в севообороте культуре, как при одностороннем регулировании водного режима почв (осушение), а по культуре, нуждающейся в более низком уровне грунтовых вод, для того чтобы их можно было опустить на нужную глубину.

К таким культурам относятся: картофель, сахарная и кормовая свекла, кукуруза, конопля, лен. Поскольку они всегда могут быть в севообороте, глубину дрен назначают, исходя из их требований к водному режиму: в песчаных грунтах — 0,8—0,9 м, супесях — 0,9—1,0, суглинках — 1,0—1,2 м.

Открытую проводящую сеть (магистральные каналы, коллекторы) рассчитывают на пропуск паводковых расходов заданной обеспеченности, то есть исходя из условий осушения; закрытую сеть (коллекторную и осушительную) — из условий увлажнения.

Способы, усиливающие действие системы двустороннего регулирования водного режима. Имеются значительные площади земель, пригодных для двустороннего регулирования их водного режима (с небольшими уклонами и без них, расположенные вблизи водисточников, с почвами, обладающими хорошими капиллярными свойствами и т. п.), но имеющие одно неблагоприятное свойство — низкую водопроницае-

мость. Это чаще всего тяжелые и иловатые суглинки, сильно разложившийся торф. Такие почвы через дрены увлажняются очень медленно. Однако, если применить способы, усиливающие передвижение воды в почве, можно осуществить двустороннее регулирование водного режима и на них. К этим способам относится кротовый дренаж, кротование и щелевой дренаж. Кротовый дренаж используют в суглинистых кротоустойчивых грунтах и на слабо- и среднеразложившихся торфяниках без погребенной древесины. Щелевой дренаж устраивают на торфяниках с погребенной древесиной. Кротоустойчивость минеральных почв определяют по методу С. В. Астапова:

$$P = \frac{\beta_1}{\beta_2}, \quad (39)$$

где β_1 — фракции диаметром от 0,5 до 0,005 мм по микроагрегатному анализу, %;

β_2 — фракции диаметром от 0,05 до 0,005 мм по механическому анализу, %;

P — кротоустойчивость.

При $P < 0,3$ грунт считается кротоустойчивым, при $P > 0,7$ — неустойчивым.

Кротовые дрены устраивают поперек трубчатых дрен-увлажнителей на глубине 0,7—0,8 с уклоном 0,002—0,003. Расстояние между ними в суглинистых грунтах делают 2—3 м, в торфах — 4—5, между щелевыми дренами — 5—8 м.

Поскольку при увлажнении кротовые дрены периодически находятся в подпоре, срок их сохранности меньше, чем при осушении.

Вместо кротовых дрен применяют кротование, то есть устройство кротовых полостей без определенного уклона. При кротовании требования к кротоустойчивости почвогрунтов те же, что и при кротовом дренаже. Кротовины закладывают на глубину 0,7 м, с расстоянием между ними 1,5—2,0 м. Их проводят поперек трубчатых дрен-увлажнителей специальными кротовыми орудиями или кротовыми приспособлениями, прикрепленными к обычным плугам. В последнем случае кротование проводят совместно со вспашкой. Для усиления действия систем двустороннего действия более целесообразно кротование, так как оно дешевле кротового дренажа и может быть заново восстановлено в короткий срок.

Работы по устройству кротового дренажа и кротование производятся в теплое время года. В суглинистых грунтах наиболее устойчивы кротовые полости, устроенные при влажности грунта, соответствующей его пластичному состоянию.

Кротоустойчивость минеральных грунтов определяют по методу Ф. Р. Зайделямана. В основу метода положен качественный учет интенсивности размокания в воде почвенных агрегатов (табл. 15).

Таблица 15

Кротоустойчивость и срок службы кротовых дрен в зависимости от веса воздушно-сухих агрегатов (по методу Ф. Р. Зайделямана)

Вес остатка после водного просеивания, г	Морфологическая характеристика остатка после просеивания в воде	Характеристика работы кротовых дрен
10—2	Хорошо сохранившиеся крупные суглинистые и глинистые агрегаты	Дрены хорошо действуют в течение 3—4 лет и более
4—10	Крупные и мелкие глинистые и суглинистые агрегаты	Дрены действуют в течение 2—3 лет, а в отдельных случаях и более
1—4	Мелкие — 1 мм глинистые и суглинистые агрегаты	Дрены недостаточно устойчивы. Срок действия дрен 3—4 мес. — 1 год. В отдельных случаях до 2 лет
До 1	Мелкие глинистые и суглинистые агрегаты, орштейны, камни, зерна кварца	Дрены совершенно неустойчивы и заплывают спустя 2—3 месяца после их устройства

ЗАЩИТА СИСТЕМЫ ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ ОТ ЗАИЛЕНИЯ

При подпочвенном увлажнении в дрены подают большой объем воды, которая находится в них в малоподвижном состоянии. Чтобы вместе с водой не попадали мусор, взвешенные частицы, грунт и т. п., которые частично или полностью заиляют дрены, при строительстве систем двусторон-

него действия на всасывающем шланге насоса устанавливают сетку с диаметром ячеек не более 10 мм, а на входе главного коллектора — не более 3—4 мм.

Для более тонкой очистки воды применяют отстойники. Установлено (СевНИИГиМ), что при осушительном действии системы частицы диаметром меньше 0,15 мм, не осаждаются, выносятся из дрен током воды.

При увлажнительном действии системы частицы такого диаметра оседают в дренах, поэтому их необходимо задерживать в отстойнике.

Для более надежной защиты дрен от заиливания отстойник рассчитывают на осаждение в нем частиц диаметром менее 0,1 мм. Увлажнение земель в Нечерноземной зоне обычно требуется во второй декаде мая; в первой декаде потребность в почвенной влаге удовлетворяется за счет весенних влагозапасов. Ко второй половине мая паводок сходит, вода в водотоках и водоемах осветляется и почва через дренаы увлажняется этой водой.

В паводок мутность водотоков достигает 4—5 кг/м³, в межень она обычно не превышает 1—1,5 кг/м³, но и такая мутность недопустима при увлажнении почвы через дренаы.

Для очистки воды на системах двустороннего действия отстойник строят однокамерный с отрицательным уклоном дна и периодической очисткой насосом механическим способом (откачка насосами, удаление наносов экскаватором с грейферным ковшом и т. п.).

Глубина отстойника равна:

$$H = H_1 + H_2 \text{ м,} \quad (40)$$

где H — глубина отстойника, м;

H_1 — высота слоя воды (напор) над коллектором, проводящим воду в систему, определяется по формуле (18), м;

H_2 — глубина для наносных отложений, равная 1,0—1,5 м.

Расчет отстойника можно вести по Е. Н. Замарину:

$$L = K H_1 \frac{v}{\omega} \text{ м,} \quad (41)$$

где L — длина отстойника, м;

H_1 — высота слоя воды над коллектором (напор воды), м;

v — средняя продольная скорость движения воды в

отстойнике при слое воды над коллектором H_1 , см/с;
 ω — скорость опускания частиц в неподвижной воде или гидравлическая крупность частицы, см/с;
 K — коэффициент, равный 1,4.

Продольная скорость движения воды v назначается с расчетом максимальной очистки от взвешенных частиц воды, подаваемой в дрены.

Так как при поливах система двустороннего действия пропускает небольшой расход воды (50—250 л/с), продольную скорость движения воды в отстойниках допускают не более 5 см/с, что обеспечивает хорошую очистку от наносов поливной воды.

Ширина отстойника определяется по формуле:

$$B = \frac{Q}{H_1 v} \text{ м}, \quad (42)$$

где B — ширина отстойника, м;
 Q — расход воды, м³/с;
 v — допустимая скорость течения воды в отстойнике, м/с;
 H_1 — то же, что и в формуле (40).

Для более равномерного распределения скоростей камеры отстойника делают неширокой. Расчеты показывают, что при $H_1 = 2,0$ м, $v = 0,05$ м/с, $Q = 0,1$ м³/с, $\omega = 0,0069$ м/с (при $d = 0,1$ мм), $L = 20$ м, ширина отстойника равна всего 1 м, то есть примерно ширине небольшого осушительного канала.

Если увеличить ширину отстойника до 3 м, продольная скорость будет равна тысячным долям м/сек, что обеспечит надежную очистку поливной воды. Лучше всего очищается вода при установке в конце отстойника сменного керамзитового фильтра. Стенки и дно отстойника облицовывают бетоном или железобетонными плитами (рис. 7).

Его строят в истоке главного коллектора, вблизи насосной станции.

Водоприемные отверстия дрен на системах двустороннего действия защищают так же, как и на системах, рассчитанных только на осушение.

В качестве фильтрующих материалов для защиты водоприемных отверстий применяют стеклохолст и стеклоткань, обладающие наибольшей водопроницаемостью и долговечностью по сравнению с другими фильтрами.

Для дрен, работающих на осушение и увлажнение в минеральных грунтах, защита от заиления несколько упрощается. При подаче воды в дрена под напором у стыков гончарных или у приемных отверстий пластмассовых труб грунт в восходящем токе воды размывается и взвешивается. Как

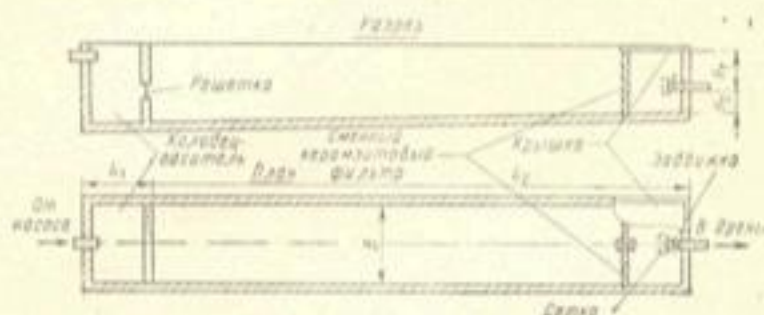


Рис. 7. Схема отстойника системы двустороннего действия

только поступление воды прекращается, частицы грунта оседают, сначала крупные, затем более мелкие и, таким образом, создается естественный фильтр по типу обратного, который наряду с защитными материалами предохраняет дрена от заиления.

Более сложная защита дрен от биологического заиления (образование корневых пробок) и химико-бактериального (осаждение в дренах продуктов жизнедеятельности бактерий, в основном железистых соединений).

Но на системах двустороннего действия дрена значительно время находятся под водой, а без доступа воздуха биологическое и химико-бактериальное заиление развиваются слабо, поэтому эти виды заиления менее опасны.

Чтобы предохранить систему от биологического заиления, применяют больший диаметр дрен-увлажнителей (75 мм) по сравнению с дренами, работающими только на осушение. При частичном заилении труб такого диаметра они сохраняют достаточную пропускную способность.

Для защиты дрен от химико-бактериального заиления применяют фосфоритную муку, известь или смесь гипса с известью в соотношении 2:1 (по весу). Эти химикаты вносят сначала на дно дренажной траншеи из расчета 50 кг на

100 пог. м и в таком же количестве на гумусированную засыпку траншей поверх дренажных труб.

Фосфоритная мука и известь способствуют коагуляции железа вне дрен и препятствуют их заилению.

На системе в совхозе «Клементьево», чтобы защитить дрены от механического заиливания (защита от биологического и химико-бактериального заиливания не производилась), на всасывающем шланге насоса С-245 устанавливают сетку с диаметром ячеек 10 мм, а на входе главного коллектора в приемный колодец системы — сетку с ячейками 3×3 мм.

Для более тонкой очистки воды на каждом вспомогательном коллекторе предусмотрены отстойники диаметром 1,45 м, которые одновременно выполняют роль приемных колодцев. Вода, поступающая из главного коллектора во вспомогательный и проходя через отстойники, резко (до 0,002 м/с) снижает скорость движения, и попавшие взвешенные частицы оседают на дно колодца. Главный коллектор расположен на 50—40 см ниже входов во вспомогательные коллекторы, поэтому большая часть крупных взвешенных частиц не может продвигаться вверх на указанную высоту, и этим достигается хорошая очистка воды.

Однако в дрены попадают частицы диаметром 0,001 мм и меньше, но они практически неопасны, так как легко выносятся течением воды по дренам в период их осушительного действия. Кроме того, дрены всегда можно промыть, создав искусственно напор воды над ними и затем открыв подпорные сооружения. Это мероприятие очень эффективно при очистке дрен от наносов химико-бактериального происхождения.

За 5 лет работы системы (1969—1973 гг.) накопившийся в отстойниках осадок составляет 1—5 см, тогда как дно отстойника на 50—70 см расположено ниже уровня заложения главного коллектора. Исключение составляют лишь два отстойника, имевшие трещины между кольцами (отстойники смонтированы из железобетонных колец на цементном растворе), через которые грунт заносился водой с поверхности почвы в весенний период. Но даже и в этих колодцах толщина осадка не превышала 10—12 см.

При обследовании системы на заиливание в двух местах были вскрыты вспомогательные коллекторы и в шести — регулирующие дрены. Коллекторы вскрывали вблизи приемных колодцев, то есть в самых опасных для заиливания местах, регулирующие дрены — в устьях, в середине и истоке.

Вскрытия дрен показали, что слой наилка, образовавшегося в дренажных трубах за 5 лет эксплуатации системы, в шести случаях из семи составил меньше 1 мм и лишь в одном случае, в устье дрены, величина его составила 3 мм. Принимая расчетный срок службы дренажа 50 лет, — в дренах за это время может накопиться, видимо, не более 10 мм наилка, что безопасно, так как диаметр дрен-увлажнителей должен быть 50, 75 или 100 мм. Следовательно, при увлажнении почвы через дрены можно не опасаться заиливания, если предусмотрены специальные защитные мероприятия.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

Чтобы регулировать дренажный сток, а также своевременно подавать воду в дрены для увлажнения, на системах двустороннего действия приходится часто открывать или закрывать подпорные сооружения. При ручном управлении системой во время сильного дождя ночью, если подпорные сооружения закрыты, уровень грунтовых вод поднимается на недопустимую глубину.

Следовательно, открытие и закрытие подпорных сооружений, включение насосной станции для увлажнения почвы, должны быть автоматизированы. Обслуживающий персонал обязан следить за исправностью системы и устройств автоматизации.

Система в работу может включаться по влажности почвы или по уровню грунтовых вод. В первом случае в почве на определенной глубине для данной фазы развития растений устанавливают датчики влажности, к которым подсоединяют специальное электрооборудование, включающее приводные механизмы подпорных сооружений и насосную станцию. При повышении или понижении влажности почвы до заданных пределов автоматически открываются или закрываются подпорные сооружения. Однако это связано с большими неудобствами, поскольку влажность корнеобитаемого слоя почвы при одном и том же уровне грунтовых вод в зависимости от метеорологических условий меняется неодинаково.

Проще автоматически включать систему в работу по уровню грунтовых вод через посредство специальных колодезцев, оборудованных поплавками. Поднимая или опуская уровень грунтовых вод, регулируют влажность почвы.

Простой способ автоматизированного управления системой двустороннего действия предложен чехословацкими учеными Гейниге и Страка.

Чтобы регулировать уровень грунтовых вод этим способом, применяют регулирующие 8 и напорный 9 колодцы, размещенные на коллекторе 6, выполненные из низконапорных асбестоцементных труб (рис. 8, а). Напорный колодец расположен на закрытом коллекторе в месте его впадения в открытый коллектор, регулирующие колодцы — на том же закрытом коллекторе на расстоянии, обеспечивающем необходимый подпор грунтовых вод между отдельными колодцами. Воду для полива подают в систему из водосточника 1 по трубопроводу под напором. Количество ее для увлажнения изменяют при помощи затвора 4, находящегося за водозаборным сооружением 3.

Регулирующий колодец (рис. 8, б) оборудован запорной заслонкой 2, расположенной со стороны притока воды из коллектора 1. Положение заслонки регулируется поплавком 3, изменение высоты которого обеспечивает подъем или понижение грунтовых вод.

В устьевой части коллектора расположен двухкамерный напорный колодец (рис. 8, в). Он состоит из напорной 2 и арматурной 3 камер. Коллектор 1 проходит через напорную камеру 2, нижнюю часть распределительной стенки 4 и арматурную камеру 3. В арматурной камере установлена задвижка 5, управляют которой дистанционно с помощью сервомотора 6. Напорная и арматурная камеры соединены между собой сифонным водосбросом 7. Сифон оснащен аэрационной телескопической трубкой, 8, с помощью которой устанавливается уровень воды в напорном колодце.

При увлажнении система работает следующим образом (рис. 8 г). Закрываются задвижки 10 в напорных колодцах 9 и открывается затвор 2, что обеспечивает поступление оросительной воды в коллектор. В регулирующих колодцах 3, начиная с самого нижнего, вода постепенно повышается, и поплавки 4 закрывают заслонки 5 на коллекторе. Затем вода под напором инфильтруется на дрен 7 в почву, причем уровень ее автоматически регулируется. При понижении грунтовых вод уровень воды в регулирующем колодце 3 падает. Поплавок 4 в этом случае опускается, открываются заслонки 5 (и все вышележащие заслонки), и вода в регулирующих колодцах поднимается на нужную высоту.

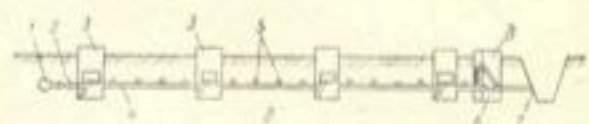
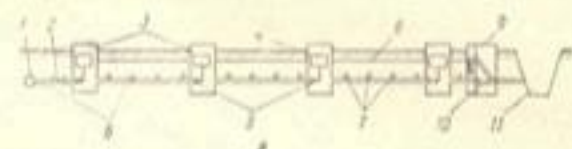
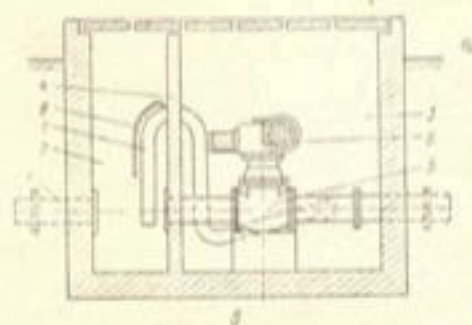
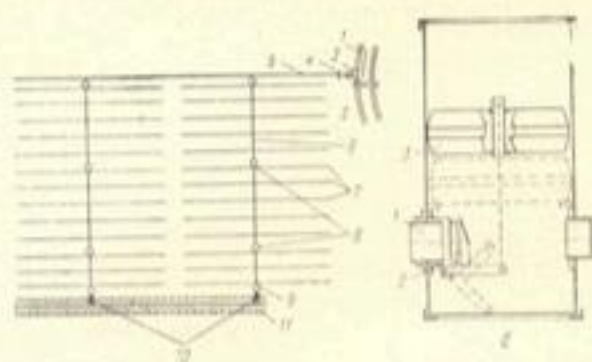


Рис. 8. Схемы автоматизации системы двустороннего действия:
 а — схема системы регулирования уровня грунтовых вод дренажной сетью;
 1 — водонеточник; 2 — низконапорное сооружение.

В период дождей, когда уровень грунтовых вод поднимается выше оптимального, в напорном колодце автоматически включается сифонный водовыпуск. Оборудуют его так, чтобы уровень воды между последним регулирующим и напорным колодцами понижался на величину, обеспечивающую открытие всех заслонок в находящихся выше колодцах. В результате действия сифона уровень воды на всей территории понижается.

Регулирующие колодцы подают в почву такое количество воды, которое необходимо в данных условиях для нормального роста и развития растений.

При необходимости осушения территории (рис. 8, д) задвижку 6 в напорном колодце 8 открывают и закрывают затвор 2, предназначенный для пуска оросительной воды. Тогда поплавки 4 в регулирующих колодцах 3 автоматически опускаются, и вся система начинает функционировать как осушительная.

Для автоматизации системы все затворы снабжены сервомотором. При помощи радиолокационных или электрических

лине; 3 — водозаборное сооружение; 4 — затвор;
5 — низконапорный трубопровод; 6 — коллектор;
7 — дренаж; 8 — регулирующие колодцы; 9 —
напорные колодцы; 10 — дренажные устья; 11 —
осушительный канал;

б — регулирующий колодец:
1 — коллектор; 2 — заслонка; 3 — поплавок;
4 — двухкамерный напорный колодец;
5 — коллектор; 6 — напорная камера; 7 — арматурная камера; 8 — распределительная стенка;
9 — задвижка; 10 — сервомотор; 11 — сифон; 12 —
аэрационная трубка;

в — схема работы системы при орошении территории;

1 — низконапорный трубопровод; 2 — затвор;
3 — регулирующие колодцы; 4 — поплавок;
5 — заслонка; 6 — коллектор; 7 — дренаж;
8 — уровень грунтовых вод; 9 — напорный колодец; 10 — задвижка; 11 — осушительный канал;

д — схема работы систем при осушении территории;

1 — низконапорный трубопровод; 2 — затвор;
3 — регулирующие колодцы; 4 — коллектор;
5 — дренаж; 6 — задвижка; 7 — осушительный канал;

импульсов регулируют уровень грунтовых вод в желаемом диапазоне. Вручную устанавливают поплавки на необходимую высоту в регулирующих колодцах.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМЫ ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

Для того чтобы система исправно и эффективно работала, необходимо иметь хорошо налаженную эксплуатационную службу.

Система эксплуатируется под руководством специалиста-мелиоратора. В хозяйстве зимой разрабатывают план регулирования водного режима, в котором учитывают

севооборот и число полей севооборота на площади с двусторонним регулированием водного режима;

площадь каждого поля севооборота;

очередность увлажнения полей в зависимости от требований сельскохозяйственных культур;

модуль увлажнения в л/с/га;

начало и конец увлажнения каждого поля севооборота;

норму увлажнения, м³/га, брутто;

продолжительность увлажнения и число поливов;

объем воды на увлажнение каждого поля за сезон;

общий объем воды на весь участок с системой двустороннего действия;

пригодность водонесточника в части расходов или запасов воды.

Поливной режим рассчитывают на среднесухой год, то есть 75%-ную обеспеченность осадков. Для этого определяют полную влагоемкость, предельно-полевую влагоемкость, влажность завядания, влажность разрыва капиллярной связи, коэффициент фильтрации, коэффициент водоотдачи, объемный и удельный вес почвы, порозность.

Кроме того, необходимо иметь данные по количеству осадков и расходу воды в водонесточниках 50, 75 и 90%-ной обеспеченности. Система оборудована наблюдательными колодцами и своевременно включается на осушение или увлажнение почвы.

Регулирование водного режима почвы системой двустороннего действия начинают ранней весной. При понижении грунтовых вод до нормы осушения предпосевного периода подпорные сооружения на системе закрыты, и в дальнейшем

регулированием дренажного стока и подачей воды в дрены поддерживают глубину грунтовых вод на отметках, обеспечивающих достаточное капиллярное подпитывание корнеобитаемого слоя в любую фазу развития растений.

При эксплуатации системы нормы и сроки увлажнения корректируют в зависимости от сложившихся агроклиматических условий.

Если система не автоматизирована (с ручным управлением), особое внимание уделяют наблюдению за уровнем грунтовых вод. Возможны случаи, когда после увлажнения при закрытых подпорных сооружениях выпадает большое количество осадков, грунтовые воды поднимаются к поверхности, что приводит к вымочкам посевов. Особенно опасны ливневые дожди в ночное время. Эксплуатационная служба в случае высокого подъема грунтовых вод срочно включает систему на осушение. Она своевременно закрывает подпорные сооружения весной, чтобы не допустить излишнего сброса дренажных вод, и открывает их осенью для сброса воды.

На зимний период подпорные сооружения системы открывают. При приемке системы в эксплуатацию заказчик (совхоз, колхоз и т. п.) получает от строительной организации паспорт системы, ее генеральный план в масштабе не мельче 1:25000, с нанесенными на нем коллекторами и дренами-увлажнителями, подпорными сооружениями, смотровыми и наблюдательными колодцами, дорожной сетью и геодезическими знаками, пунктами эксплуатационной гидрометрии, линиями электропередачи, границами использования, полями севооборота и т. д. Кроме того, должны быть представлены продольные профили коллекторов и дрена-увлажнителей, чертежи подпорных и других сооружений, поперечные профили магистральных каналов и водоприемников, акты на все виды скрытых работ, а также пояснительная записка к проекту.

Для выполнения работ по уходу за системой землепользователи выделяют рабочих-ремонтников, одного на каждые 150 га площади.

При текущем ремонте, который производится при износе водоприемников, магистральных каналов, проводящей и осушительно-увлажнительной сети до 20%, на одного ремонтника приходится: 5—7 км отрегулированного водоприемника или 7—8 км магистрального, ловчего, нагорного каналов и защитных дамб или 4—5 км открытых дренажных коллекторов с прилегающей площадью и осушительно-увлажнитель-

ной сетью. В состав эксплуатационных мероприятий на осушительно-увлажнительной сети входят:

охрана и содержание в исправном состоянии осушительно-увлажнительной сети и сооружений на ней;

очистка отстойников и каналов от ила, наносов, попавших в них мусора, хвороста, камней, пней и т. п.;

исправление разрушений откосов и укрепление дна каналов;

скашивание травянистой растительности и вырубка кустарника на берегах, откосах и дне каналов;

ремонт мостов, труб-переездов, подпорных сооружений устьев дренажных коллекторов и других сооружений;

подготовка осушительно-увлажнительной сети и сооружений к пропуску ледохода и паводков.

Дрены-увлажнители промывают осенью при подготовке системы к зимнему периоду. Воду со стороны истоков дрен-увлажнителей подают при открытых подпорных сооружениях до тех пор, пока она из сбросного коллектора будет вытекать совершенно чистой.

При подаче воды со стороны устьев дрен для промывки подпорные сооружения сначала закрывают, затем поднимают грунтовые воды на 50—60 см выше уровня заложения дрен-увлажнителей и сразу же их открывают. Вода, проходя под напором через дрены, очищает их от илистых отложений.

Капитально ремонтируют осушительно-увлажнительные системы, имеющие износ от 20 до 50%, по договорам хозяйства с управлениями осушительных систем. Перед капитальным ремонтом работники службы эксплуатации составляют дефектную ведомость, в которой указывают наименование каналов, дрен-увлажнителей и сооружений, их местоположение, характер деформаций и разрушений, объем работ по ремонту. При капитальном ремонте водоприемники, проводящие нагорные и другие каналы, а также дороги доводят до проектных размеров.

Выполняют работы по полной или частичной перестройке износившихся подпорных сооружений, мостов, труб и других гидротехнических и дорожных сооружений с использованием новых материалов, промывке заиленных или закупоренных дрен-увлажнителей и коллекторов с перекладкой отдельных дрен, замене разрушенных дренажных устьев и др.

На водосточниках и водоприемниках систем устанавливают гидрометрические посты. Систематически ведут наблюдения за дренажным стоком во время работы системы на:

осушение, уровнем грунтовых вод и влажностью корнеобитаемого слоя.

Чтобы выявить состояние коллекторов и дренажных устройств (осадка, заиливание и т. п.), проводят контрольные вскрытия их.

Для того чтобы в коллекторы и дренажи не попадали посторонние предметы, а также грызуны, лягушки, на устьях коллекторов устанавливают сетки.

Землепользователи не должны допускать: пастбищу скота на территории с неогражденными каналами (открытыми коллекторами, магистральными и др.), проезд через каналы на тракторах, телегах и других транспортных средствах и перегон скота в местах, не предназначенных для этих целей; устройство на каналах и водоприемниках запруд и захлывание мелиоративной сети; разведение костров на торфяниках и работу на тракторах, не оборудованных искрогасителями, что может привести к пожару; возведение дамб без разрешения органов водного хозяйства на каналах, водосточниках и водоприемниках.

Планировка поверхности

Вследствие того что на площадях с двусторонним регулированием водного режима уровень грунтовых вод постоянно находится на сравнительно высоких отметках, а быстро понизить его во время дождей, особенно ливневых, невозможно, понижения поверхности заполняются водой, что может привести к вымочкам посевов. Такое же явление наблюдается и при увлажнении осушаемых земель дождеванием.

Поэтому участки с двусторонним регулированием водного режима должны быть хорошо спланированы для организации поверхностного стока и равномерного распределения осадков по площади.

В зависимости от глубины понижений поверхности и дальности перемещения грунта для планировки применяют длиннобазовые планировщики, бульдозеры, скреперы, а также грейдеры. Наиболее приемлемы длиннобазовые планировщики, поскольку их длинная продольная база (от 9,5 до 15 м) не позволяет ковшу копировать рельеф поверхности. Короткобазовые машины, например грейдеры, в значительной мере копируют поверхность.

Кроме того, планировка поверхности бульдозером, скрепером, грейдером более сложная, дорогая, трудоемкая работа, чем планировщиком с длиной базы не менее 9,5 м, который полностью устраняет понижения глубиной до 30 см и шириной до 30 м. Однако для них нужна большая длина гона: при длине гона 640 м и работе в два следа планировщик П-4 ликвидировал все неровности высотой до 35 см.

Чтобы засыпать впадины глубже 30 см и переместить грунт на большое расстояние, используют скрепер. Он срезает бугры, перемещает грунт, отсыпает его в понижениях, затем окончательно планирует участок.

Для планировки участков используют комплекс машин. Сначала бульдозерами и скреперами засыпают глубокие замкнутые понижения, ямы, старые каналы, срезают бугры и т. п. Затем планировщиком или грейдером делают окончательную планировку.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВУСТОРОННЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

Стоимость систем двустороннего действия выше стоимости обычных осушительных систем.

На осушаемых землях, помимо осушительной сети, устраивают дождевание, стоимость которого в зависимости от типов установок колеблется от 700 до 2000 руб/га.

При строительстве специальных водохранилищ для орошения и переброске воды до увлажняемых земель на значительные расстояния дополнительные затраты достигают 2500—3000 руб/га, таким образом, стоимость всей осушительно-увлажнительной системы, с учетом того, что затраты на осушение в среднем составляют 1000 руб/га, будет равна 3500—4000 руб/га, а иногда и 5000 руб/га.

При увлажнении осушаемых земель через дрены используется одна и та же осушительная сеть, что значительно по сравнению с дождеванием уменьшает затраты на увлажнение.

Увеличение затрат на устройство систем двустороннего действия с увлажнением почвы через дрены складывается из затрат на сгущение дрен, составляющих 20—25% от стоимости системы, рассчитанной только на осушение, и устрой-

ства дополнительных сооружений (подпорных и др.), стоимость которых равна 10—15% от стоимости осушительной системы, то есть всего на 30—40%, что в денежном выражении (средняя стоимость обычной осушительной системы 1000 руб/га) составит 300—400 руб/га.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур при дополнительном увлажнении осушаемых земель дождеванием в среднем составляет 20—50%.

Подпочвенное увлажнение через дренажи дает прибавку урожая в среднем 30—60%.

Преимущества подпочвенного увлажнения через дренажи следующие: на поверхности увлажняемых земель нет оросительных труб и, следовательно, полностью исключены затраты на их переноску; растения не повреждаются в процессе полива (тракторами или при переноске труб и т. п.), нет эрозии почвы, не образуется корка.

При подпочвенном увлажнении экономнее расходование воды, так как исключены потери ее с поверхности листьев растений, а испарение с поверхности почвы сведено к минимуму (рыхлый слой почвы затрудняет приток капиллярной влаги к поверхности).

При подпочвенном увлажнении земель с помощью кротовин в Ростовской области расходы воды на испарение из почвы сокращались в 1,5—2 раза, по сравнению с поверхностным поливом и дождеванием (данные В. И. Бобченко).

На участке с двусторонним регулированием водного режима в совхозе «Клементьево» получены следующие данные экономической эффективности системы двустороннего действия.

В 1969 г. при осушительном действии системы на участке возделывали овес на зерно.

Исследования показали, что при одностороннем регулировании водного режима (осушение) и различных расстояниях между дренами разница в урожае овса незначительная. Объясняется это тем, что в течение почти всего вегетационного периода грунтовые воды находятся ниже уровня заложения дренажа, на глубине 1,3—1,8 м, и дренаж в вегетационный период не оказывает существенного влияния на урожай.

Урожай зерна ячменя при двустороннем регулировании водного режима в зависимости от расстояний между дренами составил 35,9—29,4 ц/га, тогда как на осушаемом участке

Таблица 16

Экономическая эффективность экспериментальной системы при осуществлении ее действия

Расстояние между дачами, м	Капитальные вложения на строительство системы, руб/га	Урожай овощей, ц/га	Общая норма амортизации для оприходованных систем, руб/га	Налоговая прибыль при учете амортизации, руб/га	Данная за вычетом расходов, руб/га	Общая прибыль, руб/га	Средняя стоимость, руб/га	Чистый доход, руб/га	Коэффициент экономической эффективности	Срок окупаемости системы в годах
10	1510	26,9	30,20	104,1	20	134,2	242,0	87,8	0,057	17,5
15	1004	24,6	20,00	103,9	20	123,9	221,0	77,1	0,076	13,2
20	735	27,0	15,10	104,0	20	119,1	243,0	103,9	0,140	7,0
30	502	26,1	10,00	104,2	20	114,2	235,0	100,8	0,210	4,7

с расстояниями между дренами 30 м, расположенном рядом, получено ячменя по 23,0 ц/га.

Данные по урожаю капусты также свидетельствуют о высокой эффективности двустороннего регулирования водного режима почвы. В 1971 г. на увлажняемом участке урожай был на 33% выше, чем на соседней дренированной, но неувлажняемой площади.

Урожай капусты в 1972 г., несмотря на неблагоприятные агроклиматические условия, был выше, чем в 1971 г. Это объясняется большим числом поливов, высокими дозами удобрений и повышенной солнечной радиацией.

На участках с расстояниями между дренами 10 и 15 м урожайность капусты почти одинаковая, при расстоянии 20 м урожайность существенно снижается, но остается достаточно высокой; наибольшее снижение урожая наблюдается при расстояниях между дренами 30 м.

Данные по экономической эффективности системы при осушительном действии приведены в таблице 16.

При осушительном действии системы рентабельны расстояния между дренами 20 и 30 м (срок окупаемости 7 и 4,7 лет).

Экономическая эффективность системы при двустороннем ее действии показана в таблице 17.

Как видно из полученных данных, затраты на регулирование стока незначительны (16 коп. на 1 га), в основном они складываются из зарплаты рабочему, который несколько раз за сезон закрывал и открывал подпорные сооружения. Однако это мероприятие, несмотря на его небольшую стоимость, позволило сократить сброс необходимой для создания урожая воды до 200 м³/га. Если учесть, что дождевание нормой 200 м³/га обходится в среднем 25—28 руб., то выгода от регулирования стока становится еще более очевидной. Кроме того, при регулировании дренажного стока в почве сохраняется значительное количество минеральных солей, которые были бы вынесены с дренажными водами. Если считать, что вынос минеральных солей в среднем составляет 500 мг/л, то при задержании дренажного стока в объеме 200 м³/га наряду с полезной водой в почве сохраняется еще и по 100 кг на 1 га минеральных солей.

При выращивании ячменя на системе двустороннего действия наиболее рентабельными оказались варианты с расстояниями между дренами 20 и 30 м. Однако, учитывая боль-

Экономическая эффективность экспериментальной системы

Расстояние между дренами, м	Капитальные вложения и строительство, руб/га	Годовая стоимость регулирования стока, руб/га	Затраты на подпочвенное увлажнение, руб/га			Общие издержки производства, в том числе отчисления на амортизацию, руб/га			Урожай сельскохозяйственных культур, ц/га		
			1970 г., урожай	1971 г., август	1972 г., август	1970 г.,	1971 г.,	1972 г.,	1970 г., урожай	1971 г., август	1972 г., август
10	1690	0,16	14,3	38,5	64,3	171,2	715,7	754,9	35,9	571	676
15	1180	0,16	14,3	38,5	64,3	160,1	704,1	738,1	33,3	561	625
20	845	0,16	14,3	38,5	64,3	152,6	691,5	726,6	31,1	515	578
30	590	0,16	14,3	38,5	64,3	147,1	677,2	716,1	29,4	492	546
30—без двустороннего регулирования	502	—	—	—	—	128,4	628,3	608,4	23,0	371	163

шую неравномерность увлажнения при расстояниях между дренами 30 м, рекомендуются расстояния 20 м.

В 1971 г. в зависимости от расстояний между дренами чистый доход составил 2300—2700 руб/га, в 1972 г. при более высоких закупочных ценах он был значительно выше — 3651—4653 руб/га.

Срок окупаемости капитальных вложений составляет менее одного года, то есть каждая из систем с расстояниями между дренами 10, 15, 20 и 30 м рентабельна. Однако по качеству увлажнения и чистому доходу оптимальные — с расстояниями между дренами 15—20 м.

Система двустороннего действия удобна в эксплуатации и не требует больших трудовых затрат на ее обслуживание.

Анализ полученных экономических показателей позволяет сделать вывод о том, что на системе двустороннего действия с повышенными капитальными вложениями целесообразно в первую очередь выращивать овощи, технические культуры, картофель.

Таблица 17

при двустороннем ее действии в совхозе «Касимово»

Стоимость урожая по действующим закупочным ценам, руб./га			Чистый доход, руб./га			Коэффициент экономической эффективности капитальных вложений			Срок окупаемости капитальных вложений в годах		
г.	г.	г.	г.	г.	г.	г.	г.	г.	г.	г.	г.
1970	1971	1972	1970	1971	1972	1970	1971	1972	1970	1971	1972
323,1	3426	5408	151,9	2710,3	4653,1	0,09	1,60	2,76	11,0	0,62	0,36
299,7	3366	5000	139,6	2661,9	4261,9	0,12	2,23	3,58	8,3	0,45	0,28
279,9	3090	4624	127,3	2393,5	3897,4	0,15	2,81	4,62	6,7	0,35	0,22
264,6	2952	4368	117,5	2274,8	3651,9	0,20	3,84	6,19	5,0	0,26	0,16
207,0	2226	1304	78,6	1597,7	695,6	0,15	3,10	1,38	6,7	0,32	0,72

СОДЕРЖАНИЕ

Системы двустороннего действия и условия их применения	3
Конструктивные особенности системы	8
Дренажный сток и его регулирование	10
Приток капиллярной влаги в корнеобитаемый слой	11
Капиллярные свойства почвы	11
Объем капиллярного подпитывания корнеобитаемого слоя	14
Режим влажности почвы и водопотребление сельскохозяйственных культур	21
Динамика уровня грунтовых вод. Расчет дренажно-коллекторной сети	29
Режим увлажнения	37
Расстояние между дренами	46
Глубина заложения дренаж-увлажнителей	51
Защита системы двустороннего действия от заиливания	53
Автоматизация системы двустороннего действия	58
Эксплуатация системы двустороннего действия	62
Планировка поверхности	65
Экономическая эффективность двустороннего регулирования водного режима почвы	66

Турбин В. Н.

Т-86 Двустороннее регулирование водного режима почв. М., Россельхозиздат, 1977.

91 с. с ил.

В брошюре даны условия применения системы двустороннего регулирования водного режима почв, особенности конструкции, нормы и сроки увлажнения, объемы капиллярного подпитывания корнеобитаемого слоя почвы, динамика уровня грунтовых вод.

631

Турбин В. Н.

ДВУСТОРОННЕЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

Зав. редакцией А. Л. Скульская

Редактор А. В. Новикова

Технический редактор М. В. Рубцова

Корректоры В. Г. Луагина, В. И. Серегина

Л 88579 Сдано в производство 24/IX-76 г. Подписано к печати 21/XII-76 г.
Объем 4,19 усл. печ. л. 3,9 уч.-изд. л. Бум. № 2 Формат 60×84^{1/16}
Тираж 7500 экз. Изд. № 1754 Заказ 6251 Цена 13 коп.
Россельхозиздат, г. Москва, Б-139, Орликов пер., За.

г. Владимир, типография имени 50-летия Октября,