МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

С. Е. Никулин

Г. И. Благодарная

"ОСНОВЫ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ"

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

(для студентов 3 курса дневной и заочной форм обучения образовательно-квалификационного уровня бакалавр, направления подготовки 6.060103 «Гидротехника (Водные ресурсы)»)

Харьков
ХНАГХ
2011

Никулин С. Е. Конспект лекций Основы гидромелиораций: (для студентов 3 курса дневной и заочной форм обучения образовательно-квалификационного уровня бакалавр, направления подготовки 6.060103 «Гидротехника (Водные ресурсы)») / С. Е. Никулин, Г. И. Благодарная; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2011. – 247 с.

Составители: С. Е. Никулин,

Г. И. Благодарная

Рецензент: зав. кафедры, проф., докт. техн. наук С.С. Душкин

Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод, протокол № 1 от 30.08.2010 р.

© С. Е.Никулин, Г. И. Благодарная

© ХНАГХ, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Конспект лекций написан в соответствии с программой курса «Основы гидромелиорации» и учебным планом для студентов дневной и заочной форм обучения, студентов специальности «Водоснабжение и водоотведение».

В конспекте приведены основные теоретические и практические положения о видах мелиораций, водном режиме грунтов; технологиях регулирования водного режима грунтов; типах и конструкции гидромелиоративных систем, основные положения по проектированию и методы инженерных расчетов гидромелиоративных систем, о специальных видах мелиорации.

Изложен опыт работы гидромелиоративных систем. При этом авторы обобщают и систематизируют материал, широко используя опыт изучения курса в других ВУЗах Украины, в частности Национального университета водного хозяйства и природопользования г. Ровны.

Конспект лекций предназначен для студентов 3 курсов ВУЗов, которые готовят специалистов в области водоснабжения, канализации, рационального использования и охраны водных ресурсов.

РАЗДЕЛ 1. ВИДЫ МЕЛИОРАЦИИ. ВОДНИЙ РЕЖИМ ГРУНТОВ. ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ГРУНТОВ

1.1. Виды мелиорации

Слово «мелиорация» происходит от латинского слова melioratio, что в переводе на русский язык означает улучшение. В современном понятии мелиорация – это система организационно-хозяйственных и технических мероприятий, направленных на коренное улучшение земель в целях создания наиболее благоприятных условий для развития сельского хозяйства или общего оздоровления местности.

По воздействию на почву и растения различают **виды мелиораций**: ***гидротехнические, агротехнические, лесотехнические, химические и культуротехнические*** **и др.**

Наиболее существенное влияние на улучшение природных условий оказывает ***сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации*** (орошение, обводнение и осушение), изменяющие водно-воздушный режим почвы.

Агротехнические мелиорации приводят к изменению содержания в почве различных питательных элементов и обеспечивают в конечном итоге повышение ее плодородия.

Агротехнические мелиорации включают правильный выбор глубины и направления вспашки, почвоуглубление, залужение крутых склонов, улучшение лугов и пастбищ, снегозадержание.

Под ***лесотехническими мелиорациями*** подразумевается улучшение земель путем выращивания древесной или травянистой растительности в сочетании с древесной. Сюда относятся облесение местности, закрепление движущихся песков, создание полезащитных лесных полос и т.д.

При ***химических мелиорациях*** для улучшения земель, особенно засоленных, в почву вносят гипс, известь, серную кислоту, дефекационную грязь, фосфоритную муку и др. К химическим мелиорациям относится использование

различных гербицидов для борьбы с зарастанием мелиоративных каналов, применение полимеров для снижения фильтрационных потерь воды из водоемов и каналов.

Культуротехнические мелиорации позволяют улучшать состояние поверхности почвы путем удаления камней, пней, кустарников, планировки поверхности.

Объектами сельскохозяйственных мелиораций могут быть земли: ***с неблагоприятными условиями водно-воздушного режима*** (болота и заболоченные земли, засушливые степи, полупустыни и пустыни); ***с неблагоприятными физическими и химическими свойствами*** (засоленные, тяжелые глинистые почвы, пески и т.д.); ***подверженные вредному механическому воздействию воды или ветра*** (овраги, легко размываемый почвенный покров, территории склонов), ***на которых осуществляется противоэрозионные мероприятия.***

Наибольшая **эффективность мелиораций** достигается при комплексном их применении, когда, например, орошение сочетается с дренированием, а осушение - с периодическим орошением земель.

1.2. Развитие и эффективность гидромелиораций

Мелиорации на земном шаре начали применять 3…4 тыс.лет до н.э. в Египте, Китае, Индии. В Ираке, в долине рек Тигра и Ефрата, до наших дней сохранились остатки оросительного канала Нарван. От Индии, Китая, Египта, Ирака через Палестину, Северную Африку, Испанию и Италию орошение распространилось на запад.

Орошение на территории бывшего СССР применялось еще в далекой древности (в долинах рек Теджен и Мургаб в Туркменистане, в низовьях Амударьи, Сырдарьи, Зеравшана). К XIII веку до н.э. относится сооружение ряда каналов и водохранилищ в Закавказье.

Первые сведения об осушительных работах на территории Российской империи относятся к X-XV векам (в Новгороде, Москве). В 1802 г. начаты ра-

боты по осушению болот в ряде северных и северо-западных губерний России, главным образом в окрестностях Петербурга, Москвы, Минска и других городов. В 1853 г. на заболоченных землях Горы-Горецкого учебного заведения (ныне Белорусская сельскохозяйственная академия) А.Н. Козловским заложен первый в Российской империи гончарный дренаж, сохранившийся до наших дней.

В период с 1848 по 1882 г. значительно возросли площади орошения в Закавказье, на Северном Кавказе, Поволжье. После засухи 1891 г. в России стали уделять внимание мелиорации, хотя в тех условиях мелиоративные работы не получили широкого размаха. Особенно бурно начала развиваться мелиорация в период СССР после 1917 года: декрет об организации оросительных работ в Туркменистане; план ГОЭЛРО. В соответствии с планом предусматривалось осушение 30…40 млн. га и орошение 8 млн. га земель. К 1940 г. орошаемые площади достигали 6320 тыс. га.

В период с 1946 по 1950 г. начаты работы по орошению на местном стоке, строительству прудов и водоемов, дальнейшему развитию орошения на Северном Кавказе, Украине, Закавказье, Поволжье, Средней Азии, по строительству Каракумского канала. Об **эффективности работы** по мелиорации земель можно судить по данным табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Рост урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, ц/га

Культуры	**1965**	**1966-1970**	**1971-1975**	**1976-1980**
Зерновые (всего)	13,8	19,2	25,4	36,6
Пшеница озимая	12,9	18,6	24,2	30,8
Пшеница яровая	8,0	11,6	12,5	15,3
Кукуруза	22,4	27,0	36,5	49,7
Рис	26,9	33,8	38,6	39,4
Хлопок-сырец	23,2	24,1	27,3	29,3
Сахарная свекла	229,0	327,0	313,0	309,0
Овощи	135,0	145,0	158,0	178,0
Сено многолетних трав	39,0	43,7	66,5	51,4

Развитие мелиорации – ввод новых площадей, строительство каналов, реконструкция мелиоративных систем – предполагается продолжить во всем

СНГ. В Украине площади орошаемых земель предусматривается довести до 4…4,2 млн. га и осушенных - до 3,9-4,0 млн. га. Предусматривалось завершение строительства Каховской, Первомайской, Серогозской, Дунай-Днестровской и Приазовской оросительных систем, обеспечение ввода в эксплуатацию новых орошаемых земель в зоне Северо-Крымского канала, освоение переувлажненных земель украинского Полесья.

Программа развития мелиорации земель - важнейшая хозяйственная задача, решение которой способствует устойчивому развитию аграрного сектора экономики Украины.

1.3. Природно-климатические условия и необходимость гидромелиораций

Выбор способов проведения гидромелиораций зависит во многом от комплекса природных условий - климата, почвы, рельефа и др. По природным условиям, в частности, по количеству осадков и тепла области Украины существенно отличаются: засушливые южные районы и Крым, а также, например, переувлажненные западные и северо-западные области.

Для стран СНГ контрасты еще более разительны. В табл.1.2 приведены основные климатические показатели природных зон СНГ.

Таблица 1.2 - Основные климатические показатели природных зон СНГ

Зона	**Среднегодовая температура воздуха, ^{0}C**	**Количество дней с температурой выше +5^{0}C**	**Осадки за год, мм**	**Испарение с водной поверхности за год, мм**
Тундра	-9	90	290	250
Лесная	-1	140	450	410
Лесостепная	+2	170	420	600
Степная	+5	190	340	850
Пустыня	+11	230	170	1500

В Украине в лесной зоне осадков выпадает больше, чем испаряется влаги, поэтому здесь наблюдается переувлажнение и заболачивание почв, что вызывает необходимость в проведении осушительных мелиораций. В лесостепной, степной зонах осадков выпадает в 1,4…9 раз меньше, чем испаряется влаги, поэтому здесь возникает потребность в орошении. Лесостепь характерна для центральных черноземных областей Украины.

Основоположник отечественных мелиораций А.Н. Костяков предложил при выделении зон различного увлажнения пользоваться коэффициентом водного баланса

$$К=\mu P/E, \qquad (1.1)$$

где μ - коэффициент использования осадков; P - осадки за год, мм; E - испаряемость, мм. Часть европейской территории СНГ разделена А. Н. Костяковым на три зоны: избыточного увлажнения – $K>1$; неустойчивого увлажнения – $K=1$ и недостаточного увлажнения - $K<1$. По Костякову южные и юго-восточные районы Украины относятся к зоне недостаточного увлажнения; центральная и северо-восточная части – к зоне неустойчивого увлажнения; западные и северо-западные – к зоне избыточного увлажнения.

Практически все природные зоны и природно-хозяйственные районы Украины нуждаются в проведении сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций.

К 2000 г. площади осушаемых земель в Украине планировалось довести до 3,9...4,0 млн. га.

1.4. Водный режим грунтов мелиорируемых территорий. Причины неудовлетворительного водного режима грунтов

Мелиорация орошением имеет свои особенности. Необходимость в ней определяется недостатком воды в почве. При недостатке влаги в почве снижается интенсивность микробиологических процессов. Под влиянием орошения

может меняться качество грунтов. Качество оросительной воды характеризуется следующими основными показателями: температурой; наличием взвешенных частиц; минерализацией. Понижается температура почвы, повышается ее теплоёмкость и теплопроводность. Низкая температура воды в источнике орошения может также оказывать негативное влияние на развитие растений. При обильном увлажнении (орошении) земель структура почвы разрушается, уменьшается пористость, ухудшается ее водообмен, при этом возможно повышение уровня грунтовых вод, что приводит к заболачиванию земель, а при минерализованных грунтах к их засолению. Высокая концентрация взвешенных веществ, таким образом, может оказывать отрицательное воздействие на водный режим грунтов. С другой сторон взвешенные вещества могут содержать ценные компоненты, питательные вещества, имеющие большую агрохимическую ценность. Минерализация оросительной воды в настоящее время считается безвредной для большинства растений в пределах 2-5 г/л, а для солеустойчивых растений 10-12 г/л. В качестве критерия пригодности воды для орошения Н.Н. Антиповым-Каратаевым и Г.А. Кадером применен показатель величины ионного обмена

$$К = \frac{rCa + rMg}{rNa \cdot 0{,}238C}, \qquad (1.2)$$

где К – коэффициент ионного обмена; r Ca r; Mg r; Na –эквивалентное содержание компонентов в воде; С – минерализация воды, г/л.

Воду считают не пригодной для орошения при К≤1 и пригодной К≥1.

При $\frac{Na}{Ca + Mg}$ >4 возможно осолонцевание почвы за счет поглощения иона натрия. Особо опасно наличие в воде соды. Осолонцевание со временем делает их не пригодной к использованию.

Мелиорация осушением выполняется на избыточно увлажненных землях. Избыточно увлажненные земли, по А. Д. Брудастову, делят на три вида: минеральные избыточно увлажненные земли, болота и заболоченные земли. Минеральные избыточно увлажненные земли - это земли, большая часть твердой фазы которых представлена минеральным веществом - песчаными, глинистыми

или пылеватыми частицами. Следует различать минеральные избыточно увлажненные земли временного или постоянного избыточного увлажнения, слабо-, средне - или хорошо водопроницаемые. В результате промывного режима и дерново-подзолистого процесса почвообразования в этих грунтах появился глеевый горизонт (на глубине примерно 50... 70 см) и выражена кислая реакция. На оглеенных слабоводопроницаемых прослоях, коэффициент фильтрации которых не превышает 0,01… 0,1 м/сут., во время весеннего снеготаяния и при выпадении интенсивных осадков образуется верховодка, вызывающая временное переувлажнение почв. К временно избыточно увлажненным землям относятся также поймы рек, периодически затапливаемые весенними или летними паводковыми водами.

Замкнутые понижения в поймах рек, участки, увлажняемые напорными грунтовыми водами, а также подтопляемые земли в зонах водохранилищ и озер относятся к постоянно избыточно увлажненным землям.

Минеральные земли характеризуются такими водно-физическими свойствами: водопроницаемость, влагоёмкость, механический (гранулометрический) состав, плотность, пористость и др.

Основное отличие болот и заболоченных земель от других видов земельных угодий - наличие на их поверхности слоя торфа. Торф - это органическая масса, образующаяся в результате отмирания и неполного разложения растительных остатков в анаэробных условиях.

Болото - часть земной поверхности, характеризующаяся обильным застойным или слабопроточным режимом увлажнения верхних горизонтов почвы, на которой произрастает типичная болотная растительность, идет процесс торфонакопления, причем мощность торфа составляет более 50 см.

Почвы со слоем торфа до 50 см называют заболоченными. Заболоченные почвы, в свою очередь, делят на торфянисто-подзолисто-глеевые (до 15 см торфа), торфянисто-глеевые (до 25 см) и торфяно-глеевые (торфа от 25 до 50 см).

Торфяники обладают высокой влагоемкостью - способностью поглощать большое количество воды (торф при этом набухает) и хорошо удерживать ее,

что является одной из причин постоянного или длительного переувлажнения болот.

Неосушенный торф содержит по объему 88...97% воды, 2...10% сухого вещества и 1…7% газов. Для торфяников характерны повышенная водопроницаемость в горизонтальном направлении, наличие крупных пор и ходов в местах, где разложились стебли и корни. Коэффициент фильтрации торфа до осушения составляет в среднем 0,2...2,0 м/сут, в процессе осушения и уплотнения торфяной залежи он может уменьшаться в два-три раза и более.

В зависимости от местоположения, стадии развития, условий питания водой и зольными элементами болота делят на три типа: низинные, верховые и переходные (рис. 1.1).

Заболоченность в северо-западных районах Украины составляет 19,4% общей площади района. Общая площадь переувлажненных земель Украины составляет 4,57 млн. га, из них торфяно-болотных 1,33 млн. га; 61% болотного фонда республики сосредоточен в полесских областях. Значительно переувлажнены минеральные земли западных областей Украины: Ивано-Франковской - 45%, Закарпатской - 40, Черновицкой - 22%.

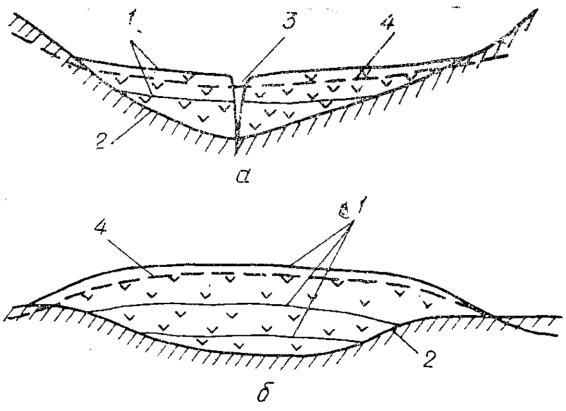


Рис. 1.1 - Типы болот:

а- низинные; 6 - верховые; 1 - поверхность болота на разных фазах развития; 2 - минеральное дно; 3 - река; 4 - уровень грунтовых вод

Типы водного питания, определяющие переувлажненность земель (рис. 1.2):

1. Атмосферные осадки.

2. Грунтовые воды, подразделяемые на: а) безнапорные, поступающие на пониженные участки со стороны склонов; б) напорные, поступающие через «окна» (размывы) водопроницаемой толщи или под давлением просачивающиеся через слабопроницаемый слой (капиллярное подпитывание).

3. Намывные поверхностные воды, подразделяемые на: а) русловые, или аллювиальные, поступающие на поймы из рек во время разливов; б) склоновые, или делювиальные, поступающие с прилегающих водосборов в периоды снеготаяния и ливней.

4. Фильтрационные воды — просачиваются из водохранилищ, озер и рек при высоком положении уровней воды в них.

Характерная причина избыточного увлажнения пойменных водопроницаемых земель - близкое к поверхности земли залегание уровня грунтовых вод.

Положение уровня грунтовых вод на водопроницаемых грунтах - универсальный показатель водного режима, суммирующий все элементы водного баланса и учитывающий степень естественной дренированности территорий речной сетью.

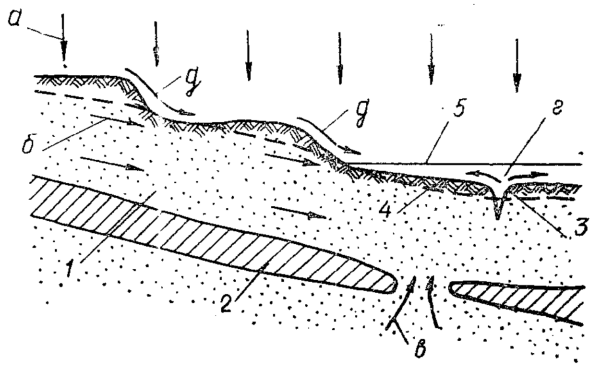


Рис.1.2 - Типы водного питания:
а — атмосферные осадки; б — грунтовые безнапорные воды; в — грунтовые напорные воды; г — намывные русловые воды; д - намывные склоновые воды; 1 - водоносный пласт; 2 - водоупор; 3 - река; 4 - бытовой уровень воды; 5 - паводковый уровень воды

В любом междуречном пространстве осредненное положение уровня грунтовых вод для условий однородных грунтов и горизонтального водоупора можно определить по уравнениям Г. Н. Каменского, вытекающим из рассмотрения теории фильтрации воды при инфильтрационном питании (рис. 1.3):

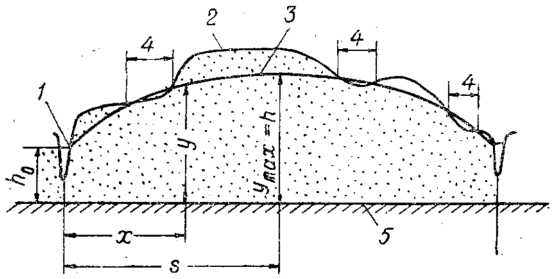


Рис. 1.3 - Схема естественной дренированности и участков избыточного увлажнения в междуречье:
1- река (естественная дрена); 2 - поверхность земли; 3 - положение уровня грунтовых вод; 4 - участки избыточного увлажнения; 5 - водоупор

$$y = \sqrt{\frac{p}{k}(2Sx - x^2) + h_0^2}; \qquad (1.3)$$

$$y_{max} = h = \sqrt{\frac{p}{k}S^2 + h_0^2}, \qquad (1.4)$$

где y, y_{max}-ординаты горизонта грунтовых вод соответственно на расстоянии x от реки и посередине между реками (при $x=S$) м; h_0 - уровень воды в реке над плоскостью водоупора, м; p - средняя интенсивность инфильтрации осадков в почвогрунты, м/сут; k - коэффициент фильтрации почвогрунтов, м/сут.

Анализ уравнений свидетельствует о том, что участки избыточного увлажнения и болота могут располагаться на любых элементах и формах рельефа - не только в поймах рек, но и на пологих склонах междуречий, на террасах и даже на водораздельных плато.

Избыточное увлажнение - явление гидрологическое, определяемое, с одной стороны, наличием источников водного питания, а с другой - условий, затрудняющих своевременный отвод избыточных вод. На переувлажнение грунтов влияют климатические условия, рельеф территории, геологическое строение и

гидрогеологические условия местности, а также естественная дренированность территории. Условия переувлажнения земель создаются в первую очередь в зоне избыточного увлажнения, а за пределами этой зоны – в низменностях и поймах рек.

Основная причина избыточного увлажнения глинистых и оглеенных грунтов - *периодическое застаивание* на их поверхности и в пахотном горизонте атмосферных осадков и талых вод вследствие слабой водопроницаемости грунтов, замедленного поверхностного стока, наличия микро- и макропонижений.

Переувлажнение земель может быть вызвано и *деятельностью человека (антропогенное заболачивание). Сооружение водохранилищ, чрезмерное расходование воды при поливах*, потери воды на фильтрацию из каналов и другие факторы могут привести к повышению уровня грунтовых вод и переувлажнению территории. *Устройство дорожных и других насыпей без водопропускных сооружений* ухудшает условия стока ливневых и талых вод, что также способствует заболачиванию территорий.

На рис. 1.4 показан график зависимости влажности почвогрунтов зоны аэрации от глубины стояния уровня грунтовых вод, уравнение которой имеет следующий вид

$$\gamma = a - b \cdot h^n. \qquad (1.5)$$

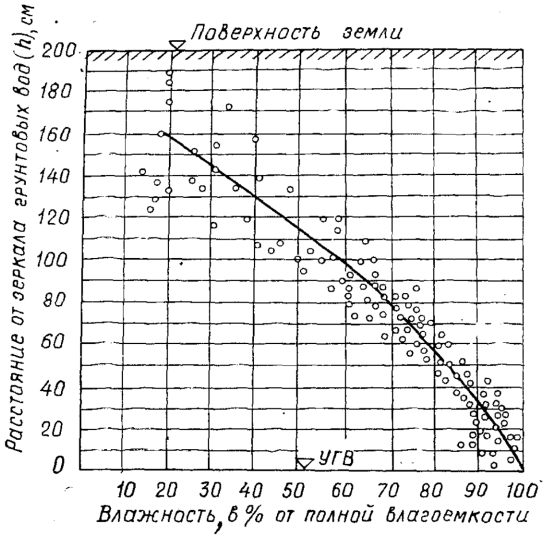


Рис. 1.4 - График зависимости влажности почвы от глубины уровня грунтовых вод

С учетом влияния осадков и испарения влажность верхнего слоя почвы можно определить по следующему уравнению А. М. Янголя

$$\gamma = 100 - 36{,}3\, H \cdot \frac{E_c}{N_c} \qquad (1.6)$$

где γ - средняя за вегетационный период влажность верхнего (0…40 см) слоя почвы, % полной влагоемкости; H – средняя глубина стояния уровня грунтовых вод, м; E_C - суммарное испарение за вегетационный период, мм; N_C - суммарные осадки за вегетационный период, мм.

При наличии указанной связи между влажностью почвы и глубиной стояния грунтовых вод переходят от необходимой влажности почвогрунтов к требуемой глубине стояния уровня грунтовых вод или к норме осушения.

1.5. Нормы осушения сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов и промышленных предприятий. Критическая глубина залегания уровня грунтовых вод

Норма осушения - это требуемая глубина стояния уровня грунтовых вод, при которой в корнеобитаемом слое почвы поддерживается оптимальный для сельскохозяйственных культур водно-воздушный режим.

В соответствии с ДБН В.2.4-1-99 нормы осушения переувлажненных земель приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3 - Нормы осушения переувлажненных земель

Сельскохозяйственное	**Норма осушения, см**		
использование земель	**период предпосевной обработки и сбора урожая**	**первый месяц вегетации**	**в среднем за вегетацию**
Полевые, кормовые, овощные севообороты 40-60 - 90-110	40-60	-	90-110
Пастбища	-	70-90	90-110
Сенокосы	-	40-60	60-80
Примечание. Меньшие значения нормы осушения принимаются для песчаных и супесчаных почв, большие -для связных минеральных почв и торфяников			

Норму осушения на торфяных почвах можно получить из формулы А. М. Янголя

$$H = 0{,}028(100-\gamma)\frac{N_c}{E_c}, \qquad (1.7)$$

где H - средняя за вегетационный период норма осушения, м; γ - необходимая влажность верхнего (0 ... 40 см) слоя почвы, % полной влагоемкости; N_C осадки за вегетационный период, мм; E_c - суммарное испарение за вегетационный период, мм.

Для условий Украины, по исследованиям УкрНИИГиМ, нормы осушения приведены в табл. 1.4.

Норма осушения удобный показатель водного режима, однако его нельзя применять к тяжелым минеральным землям, на которых в корнеобитаемом слое в период весеннего снеготаяния и летне-осенних дождей может образовываться верховодка, не связанная с грунтовыми водами. На таких землях устанавливают допустимую продолжительность переувлажнения (подтопления) корнеобитаемого слоя, не вызывающую вымокания посевов и снижения урожаев сельскохозяйственных культур.

Допустимые сроки освобождения пахотного (0 ... 25 см) слоя почвы от избыточных вод следующие: для зерновых и овощных культур 1...2 сут, для многолетних трав 2...3 сут.

Из подпахотного (30...50 см) слоя избыточная вода должна отводиться за последующие 2...3 сут., а из горизонта 50...80 см - еще за 4...6 сут.

Затопление поверхности осушаемых земель допускается в зависимости от времени года и характера использования. В вегетационный период затопление без снижения урожаев сельскохозяйственных культур возможно не более чем на 0,5 сут. - для зерновых, 0,8 - для овощных культур и корнеплодов и 1...2 сут. - для многолетних трав. Весной не допускается затопление озимых зерновых. Луга в зависимости от состава травосмесей могут затапливаться до 10…25 сут. Чем меньше слой затопления и выше температура паводковых вод, тем короче срок допустимого затопления.

Таблица 1.4 - Нормы осушения для условий Украины

Культура	Нормы осушения, см					
	на мощных и среднемощных торфяниках			на мелких торфяниках и минеральных почвах		
	в начале вегетации	за вегетационный период	наибольшая в летний период	в начале вегетации	за вегетационный период	наибольшая в летний период
Зерновые Яровые	50...55	75...80	90	50...55	60...70	80
Зерновые Озимые	50...55	75...85	100	50...55	70...80	85
Кукуруза и подсолнечник на силос	60...65	90...100	110	65...70	75...80	85
Кормовые корнеплоды, столовая свекла, морковь	55...60	85...90	100	60. ..65	70...75	85
Свекла, сахарная, конопля	55...60	85...90	100	60...65	70...75	85
Капуста поздняя, лук, томат	60...65	85...90	100	60...65	70...75	90
Картофель	60...65	90...100	110	60...65	70...75	90
Злаково-бобовая травосмесь	50...55	70...75	85	45...50	60...70	85
Табак, махорка	55...60	60...90	110	50...55	70...75	85

Нормы, технические средства по осушению для населенных пунктов и промышленных предприятий учитывают особенности эксплуатации земли на этих территориях. А именно:

- уровень грунтовых вод не должен быть ближе, чем 0,5 м к фундаментам зданий, подвалов и подземных коммуникаций, сооружений;

- учитывается фактор антропогенного воздействия на почвы:

1. В городах и на промпредприятиях: утечки воды из подземных, надземных напорных и безнапорных коммуникаций, резервуаров (очистных сооружений).

2. Нарушение режима естественной инфильтрации в грунтах при строительстве подземных объектов - в городах – тоннели, метро и др., на предприятиях, переходы, тоннели, шахты и др.

3. Засыпка естественных ручьев и трасс талого и ливневого стока.

4. Застройка и твердое покрытие поверхности земли (асфальтирование и бетонирование) приводит к снижению испарения и подъёму уровня грунтовых

вод (УГВ) - с одной стороны, с другой стороны - уменьшает проникновение ливневых вод в почву на этих территориях, увеличивая расходную характеристику ливневых вод и создавая условия для подъёма УГВ на других участках земли с без твердого покрытия.

5. Существенная разница в теплопроводности между материалом фундаментов строений и почвой способствует конденсации влаги в почве возле них в холодный период, повышает влажность и уменьшает ее несущую способность. При этом может происходить оседание зданий, дорог, подземных коммуникаций, затопление подвалов, теплотрасс, коррозия фундаментов, гибель деревьев, появление комаров и болезней людей и животных.

В условиях, когда грунтовые воды минерализованы, устанавливают **критическую глубину залегания уровня грунтовых вод**, при которой не допускается засоление почвогрунтов. Засоление почв обычно начинается раньше, чем заболачивание, поэтому **критическая глубина всегда больше нормы осушения. Для условий засоленных, заболоченных почв Украины критическая глубина составляет 1,5 м, для более южных районов она достигает 2...3 м.**

1.6. Водно-балансовые расчеты. Методы регулирования водного режима грунтов

Водный режим на мелиорируемых землях в течение года существенно меняется, и возможное его изменение необходимо устанавливать или прогнозировать заранее на стадии проектирования. Из основных характеристик водного режима почвогрунтов можно достаточно надежно прогнозировать изменение запасов влаги и хуже - динамику уровней грунтовых вод. Прогнозирование изменения запасов влаги в почвах выполняют с помощью «водно-балансовых расчетов».

При расчете водного баланса сопоставляют приходные и расходные элементы водного режима. Приходными элементами водного баланса являются: атмосферные осадки *N*; притоки поверхностных вод *V* и грунтовых вод *G;* конденсат атмосферной влаги на поверхности и в почве *A*. Расходную часть водно-

го баланса составляют: суммарное испарение *E,* включающее транспирацию влаги растениями, и испарение с поверхности земли; поверхностный сток *S* и отток грунтовых вод за пределы участка *O.*

В уравнение водного баланса необходимо включать также влагообмен с нижерасположенными горизонтами (переток грунтовых вод) П, который может быть положительным (при притоке напорных грунтовых вод) или отрицательным (при оттоке грунтовых вод вниз). Для решения уравнения водного баланса используют метеоданные, а также материалы гидрологических и гидрогеологических исследований и изысканий.

Уравнение водного баланса для осушаемого массива или его части имеет следующий вид

$$\pm\Delta W\pm\Delta V=(N+V-S)+(G-O+A\pm П)-E, \qquad (1.8)$$

где $\pm W$ — изменение (прибыль или убыль) запасов почвенно-грунтовых вод; $\pm\Delta V$ — изменение запасов поверхностных вод.

Водно-балансовые расчеты осушаемых территорий выполняют для количественной оценки типов водного питания и определения методов осушения, а также для установления потребности в увлажнении почв.

Уравнение водного баланса можно упростить для периода вегетации сельскохозяйственных культур.

Таким образом, уравнение водного баланса для вегетационного периода в упрощенной форме

$$\pm M = W_{пр} + N_{э} - E, \qquad (1.9)$$

где *M* - показатель водного баланса; при отрицательном его значении (*-M)* в вегетационный период будет наблюдаться дефицит почвенной влаги и необходимо дополнительное увлажнение сезонной нормой *M;* при положительном значении показателя водного баланса *{+M)* в почве будет избыток влаги, который необходимо отвести для поддержания в корнеобитаемом слое допустимых запасов влаги; $W_{пр}$ - запас продуктивной влаги в почве на начало вегетационного

периода; это не полный объем воды в почве, а только его часть, доступная растениям; $N_э$ - эффективные осадки за вегетационный период; это та часть осадков, которая поступает в почву и увеличивает запасы почвенной влаги; *E* - суммарное испарение (водопотребление) растениями и почвой за вегетационный период.

Входящие в уравнения элементы водного баланса выражают в $м^3$/га или мм. Соотношение между ними следующее: 10 $м^3$/га = 1 мм слоя воды.

При расчете режима увлажнения сельскохозяйственных культур водно-балансовые расчеты проводят по месяцам вегетационного периода для условий средних по влажности, сухих и острозасушливых лет с обеспеченностью (вероятностью превышения) по осадкам 50, 75 и 90%, а по дефицитам влажности воздуха - соответственно 50, 25 и 10%. Уравнение водного баланса лучше записать в таком виде

$$W_к = W_н + N_э - E \pm M, \qquad (1.10)$$

где $W_н$ - запас продуктивной влаги на начало расчетного месяца; для первого месяца он принимается равным запасу продуктивной влаги на начало вегетационного периода, для последующих месяцев - запасу влаги на конец предыдущего месяца; $N_э$ - эффективные осадки за расчетный месяц; *E* - суммарное испарение за расчетный месяц; *M* - количество воды, которое необходимо подать на увлажнение (при положительном *M)* или сбросить (при отрицательном *M)* для поддержания в корнеобитаемом слое почвы допустимых запасов влаги. Составляющие уравнения водного баланса определяют следующим образом:

1. Запас продуктивной влаги в расчетном слое почвогрунтов $W_{пр}$ ($м^3$/га) на начало вегетационного периода находят по формуле

$$W_{пр} = W_н - W_м, \qquad (1.11)$$

где $W_н$ - полный запас влаги в расчетном слое на начало вегетационного периода, $м^3$/га; $W_н = pH_р\gamma_н$; $W_м$ - минимально допустимый запас влаги в расчетном слое в вегетационный период, $м^3$/га; $W_м = pH_р\gamma_м$.

Тогда

$$W_{пр} = pH_р(\gamma_н - \gamma_м), \qquad (1.12)$$

где p - скважность (пористость) почвы, % объема; $H_р$ - мощность расчетного слоя, м (ее следует принимать равной средней за вегетационный период норме осушения); $\gamma_н$, $\gamma_р$ - средняя по расчетному слою влажность почвы, % полной влагоемкости, на начало вегетационного периода и наименьшая допустимая на протяжении вегетационного периода.

Влажность почвы по глубине изменяется в зависимости от положения уровня грунтовых вод (рис. 1.5). При этом у поверхности земли она приближается к минимально допустимой для растений, а на линии уровня грунтовых вод приближается к полной.

На торфяных почвах Полесья Украины запас продуктивной влаги на начало возобновления вегетации трав и при посадке картофеля составляет 1000...1250 м^3/га, в лесостепи снижается до 800...1000 м^3/га. На минеральных почвах запас продуктивной влаги находится в пределах 1000…1600 м^3/га.

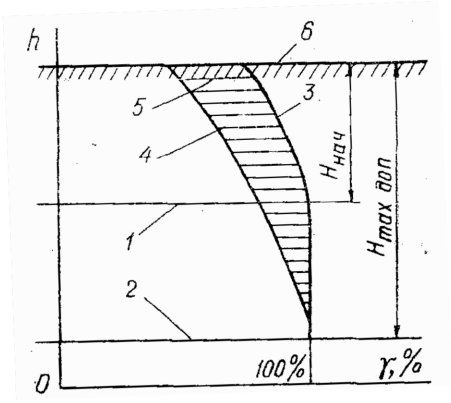


Рис. 1.5 - Схема к определению объема продуктивной влаги на начало вегетационного периода:
1 - положение УГВ в начале вегетационного периода;. 2 - допустимое понижение УГВ в вегетационный период; 3 - эпюра влажности почвогрунтов в начале вегетационного периода; 4 - то же при наиболее низком положении УГВ; 5 - объем продуктивной влаги на начало вегетационного периода; 6 - поверхность земли

2. Эффективные осадки $N_э$ (в м^3/га) за вегетационный период или месяц определяют по формулам

$$N_э = 10(1-s)h_р = 10k_п h_р; \qquad (1.13)$$

$$1-s = k_п, \qquad (1.14)$$

где s - коэффициент стока; $k_п$ - коэффициент использования осадков; $h_р$ - расчетные осадки, мм.

Коэффициент использования осадков k_n для зоны Полесья и Лесостепи Украины следует принимать в зависимости от влажности года; для среднего года (50% обеспеченности по осадкам) - 0,65; для сухого года (75% обеспеченности) 0,70 и для острозасушливого года (90% обеспеченности) - 0,80.

На территории Полесья Украины за вегетационный период выпадает осадков от 150...200 мм - в сухие годы, 250...300 мм - в средние годы и до 350...400 мм - во влажные.

3. Суммарное испарение за вегетационный период (в $м^3$/га) на осушаемых землях Украины рекомендуют определять по формуле А. М. Янголя

$$E = \alpha \cdot Y + n \cdot \Sigma Д_р \qquad (1.15)$$

где α - коэффициент, зависящий от вида сельскохозяйственных культур; он составляет: для зерновых 70...100, корнеплодов - 25...57, многолетних трав на сено 187,5 и на зеленую массу - 50,7; Y - проектная урожайность сельскохозяйственных культур, т/га; n - коэффициент, зависящий от глубины залегания уровня грунтовых вод, $n = \frac{13,5}{e^{1,6H}}$, e - основание натуральных логарифмов;

H - средняя за вегетационный период глубина залегания уровня грунтовых вод, м; $\Sigma Д_р$ - сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за вегетационный период, мм.

На осушаемых землях суммарное водопотребление различными сельскохозяйственными культурами за вегетационный период составляет 3000...5500 $м^3$/га (300...550 мм).

Распределение водопотребления по месяцам можно производить в соответствии с данными табл. 1.5.

Суммарное испарение (в мм) за любую декаду вегетационного периода можно вычислять и по формуле Дирсе

$$E = k(0,6\Sigma Д + 7), \qquad (1.16)$$

где k - биологический коэффициент, который зависит от фаз развития растений (k = 0,5 . .. 1,0); $\Sigma Д$ - суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декаду, мбар.

Таблица 1.5 - Распределение водопотребления сельскохозяйственными культурами по месяцам вегетационного периода

Культура	Обеспеченность года по осадкам, %	Водопотребление по месяцам, %							Всего, %
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Яровые зерновые	50	-	10	20	40	25	5		100
	75	-	10	20	40	25	5	—	100
	90	-	10	20	40	25	5	—	100
Овощные	50	-	—	12	30	34	20	4	100
	75	-	5	25	24	23	19	4	100
	90	-	7	20	26	35	12	—	100
Кормовые корнеплоды	50	-	—	20	25	30	20	5	100
	75	-	5	15	20	30	25	5	100
	90	-	5	15	20	30	25	5	100
Кукуруза на силос:	50	-	5	15	25	30	25		100
	75		10	20	22	33	15		100
	90		10	20	22	33	15		100
	50		11	26	50	13	—		100
	75		15	28	45	12	—	,	100
	90		15	28	45	12	—		100
Многолетние травы на сено	50	4	18	22	24	18	14		100
	75	4	20	21	21	20	14	-	100
	90	6	18	22	25	20	9	-	100

4. Величину подпитывания от грунтовых вод (в мм) за вегетационный период или месяц можно определять по формуле Б. С. Маслова

$$E_г = \frac{E_o}{e^n (H - 0{,}5)}, \qquad (1.17)$$

где E_0 - испаряемость (испарение при достаточном увлажнении почвы) соответственно за вегетационный период или месяц, мм; e - основание натуральных логарифмов; n - коэффициент, зависящий от вида сельскохозяйственных культур; для многолетних трав n=1,4; для картофеля n = 2 и для овса n = 3; H - средняя за расчетный период глубина залегания уровня грунтовых вод, м. При H<0,5 м в формулу следует подставлять значение H = 0,5м.

За вегетационный период в активный слой торфяных и суглинистых почв поступает от грунтовых вод до 150...250 мм воды при залегании их уровня на глубине *H*=1 м, до 100.. . 150 мм - при *H*= 1,5 м и до 30 . .. 60 мм - при *H*=2 м.

На основании водно-балансовых расчетов устанавливают тип мелиоративной системы и необходимое количество воды на увлажнение. Если в среднем и сухом годах большинство сельскохозяйственных культур испытывает дефицит почвенной влаги, то следует проектировать осушительно-увлажнительную систему двухстороннего действия; если же избыток влаги - осушительную систему одностороннего действия. Когда показатель водного баланса *M* близок к нулю, проектируют осушительную систему с предупредительным шлюзованием.

В условиях Полесья Украины в почвогрунтах наблюдается дефицит влаги: в засушливые годы 1500…2000 м^3/га, в средние по влажности годы 300...800 м^3/га, во влажные годы дополнительное увлажнение не требуется. Следовательно, в этих районах, как правило, нужны осушительно-увлажнительные системы.

Изменение влагозапасов в почвогрунтах за любой период приводит и к изменению положения уровня грунтовых вод. Данную зависимость описывают уравнением

$$\pm\Delta W = 10\,000\beta\,(\pm\Delta H), \tag{1.18}$$

где ΔW — изменение влагозапасов, м^3/га; β - коэффициент водоотдачи грунта; ΔH - изменение глубины залегания уровня грунтовых вод, м.

С помощью ***мелиоративной системы*** можно ***управлять водным режимом*** и его элементами: уменьшать приток поверхностных и грунтовых вод со стороны (за счет оградительной сети), увеличить или уменьшать сток с осушаемой территории (за счет осушительной сети и сооружений на ней), а применяя агротехнические приемы, частично регулировать и суммарное водопотребление *E*.

При проектировании мелиоративных систем следует составлять также баланс питательных веществ, т. е. поступление их с различными видами и потребление растениями.

Основными методами регулирования являются - орошение и осушение.

Мелиоративная практика оперирует двумя терминами: **метод регулирования** и способ регулирования. Здесь в слова *метод* и *способ* (грамматические синонимы) вкладывается разный смысл.

По воздействию на почву и растения **мелиорации орошением** делят на увлажнительное, удобрительное и специальное.

Увлажнительное орошение делится на действующее регулярно и однократно.

При регулярно действующем орошении почва увлажняется в необходимые сроки и в требуемом количестве в любой части оросительной системы. При поступлении воды в оросительную сеть из источника самотеком орошение называют самотечным. В случае подъема воды из источника в оросительную сеть насосными станциями орошение называют механическим. Регулярное орошение в бывшем СССР использовали на 85%, а механическое - на 15% орошаемой площади.

При однократно действующем орошении почва увлажняется один раз в год путем затопления земель водами весеннего стока (лиманное орошение) или паводковыми водами (паводковое орошение). Лиманное и паводковое орошение распространено преимущественно в России и Казахстане, занимая около 10% всей орошаемой площади.

Удобрительное орошение применяют для внесения удобрений в почву с помощью воды, которая, являясь растворителем удобрений, транспортирует их в почву. Сюда относится полив сточными водами, а также полыми водами, содержащими большое количество взвешенных наносов, которые отлагаются на полях и удобряют их. Удобрительное орошение пока еще мало распространено и занимает около 1% орошаемых площадей.

Специальное орошение включает *отеплительное*, *окислительное*, *почвоочищающее* и др. **Отеплительное орошение** применяют для согревания почвы путем полива ее водой более теплой, чем почва. Для этой цели используют отработанные воды теплоцентралей, атомных электростанций, термальные воды. **При окислительном орошении** поливную воду обогащают кислородом и подают на поля, почвы которых им обеднены (пойменные луга, рисовые поля). **Почвоочищающее орошение** применяют для удаления из почвы избытка солей, истребления вредителей сельскохозяйственных растений (мышей, личинок майского жука) путем затопления водой очищаемой почвы, это широко распространено в Узбекистане, Туркмении, Азербайджане, на Северном Кавказе и в южных областях Украины.

Методы регулирования осушением. *Методы осушения* - основные при устранении избыточной увлажненности земель (или принципы воздействия на водный режим). Их назначают в зависимости от типов водного питания и причин избыточного увлажнения.

Применяют следующие основные методы осушения.

1. Понижение уровня грунтовых вод - на объектах атмосферного и грунтового безнапорного водного питания на водопроницаемых почвогрунтах.

2. Снижение напорности грунтовых вод - на объектах грунтово-напорного водного питания.

3. Ускорение стока поверхностных вод и отвода воды из пахотного горизонта - на объектах атмосферного водного питания на водоразделах и пологих склонах с тяжелыми по механическому составу слабопроницаемыми почвогрунтами.

4. Ограждение осушаемой территории от притока со стороны избыточных поверхностных и грунтовых вод (перехватывание этих вод).

1.7. Технология регулирования водного режима грунтов.

Способы осушения и орошения сельскохозяйственных земель

Технологические приёмы регулирования водным режимом грунтов зависят от способов их реализации.

В настоящее время применяют следующие основные **способы осушения**.

1. Закрытый горизонтальный дренаж.
2. Сеть открытых каналов.
3. Нагорные и ловчие каналы для ограждения осушаемой территории.
4. Береговой дренаж.
5. Вертикальный дренаж.

Закрытый горизонтальный дренаж (гончарный, пластмассовый и др.) - основной способ осушения.

Нагорные и ловчие каналы применяют для ограждения осушаемых территорий в случае поступления извне поверхностных и грунтовых вод.

Вертикальный дренаж — новый, перспективный способ осушения, применяемый в соответствующих гидрогеологических условиях при грунтовом и грунтово-напорном типах водного питания.

В последние годы разрабатывают вакуумные и вакуумно-нагнетательные системы закрытого дренажа, которые будут способствовать ускорению отвода избыточных вод. На любом объекте вследствие многообразия типов одного питания и причин избыточного увлажнения обычно применяют не один, а несколько методов и способов осушения в различных сочетаниях.

В практике мелиораций применяют следующие **способы полива (орошения)**: поверхностный; дождевание; мелкодисперсное дождевание (увлажнение); внутрипочвенное; подземное.

1. **Поверхностный способ**: почва увлажняется поглощением воды, подаваемой на поверхность орошаемого поля сплошным слоем или в виде отдельных струй.

2. **Дождевание** – способ, при котором вода распределяется над поверхностью поля специальными машинами, установками, или агрегатами в виде дождя. особенности способа – увлажнение почвы, растений и приземного слоя воздуха.

3. **Мелкодисперсное (аэрозольное) увлажнение** – заключается в распылении воды в виде мельчайших капелек (аэрозолей), покрывающих растения.

Особенности - сохранение структуры почвы; снижение транспирации влаги растениями; создание микроклимата вокруг растений; устранение влияния атмосферной засухи.

4. **Внутрипочвенное** орошение – осуществляется путем введения воды в пахотный слой почвы.

Особенности: обеспечивает непрерывное водоснабжение растений; поддерживает определенную глубину увлажнения почвы; уменьшает испарение почвы;
сохраняет структуру почвы.

5. **Подземное орошение** (субирригация)– увлажнение активного слоя почвы путём искусственного подъёма и поддержания уровня грунтовых вод.

Особенности – возможность использования только при безуклонном рельефе; воздействие ограничивается только на почвенно-грунтовый слой; используется только на незасоленном поле; не оказывает влияние на микроклимат поля.

Ни один из способов не является универсальным. И на практике как правило применяют комбинацию способов.

1.8. Режим орошения сельскохозяйственных культур

Для нормального роста и развития растений в почве необходимо обеспечить оптимальные водно-воздушный, световой, тепловой и питательный режимы.

Оросительные мелиорации направлены на создание и регулирование на полях водного режима, обеспечивающего получение проектного урожая сельскохозяйственных культур. Водный режим находится в прямой зависимости от климатических, почвенных, гидрогеологических и хозяйственных условий,

биологических особенностей растения, его урожая, агротехники возделывания, а также от способа и техники полива.

Водный режим почвы регулирует и другие факторы, оказывающие на жизнь растения и формирование урожая. Так, вносимые удобрения, особенно в зоне недостаточного увлажнения, наиболее эффективны при орошении. Урожаи сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в 2…3 раза и более выше, чем на неорошаемых при прочих равных условиях.

Тепловой режим почвы при орошении определяется как усиленным испарением с поверхности поля, так и температурой самой оросительной воды. В периоды с наиболее высокими температурами воздуха поливы снижают их, а в периоды с низкими температурами (ночные часы, раннеосенние и поздневесенние заморозки) повышают за счет большей теплоемкости воды и более высокой ее температуры по сравнению с воздухом.

Совокупность поливных норм, числа и сроки их проведения определяют **поливной режим сельскохозяйственных культур**

Поливной режим можно установить по данным непосредственных полевых наблюдений или по экспериментальным данным научно-исследовательских учреждений с учетом опыта передовиков сельскохозяйственного производства.

В современной мелиоративной практике используют несколько методов расчета поливного режима. Наибольшее распространение получили графоаналитический метод А. Н. Костякова и графический метод с использованием кривой дефицита влаги в почве. Метод А. Н. Костякова, основанный на водобалансовых расчетах, заключается в предварительном определении для каждой культуры фактического $W_{\text{ф}}$ и минимально допустимого $W_{\min}$ запасов влаги в почве. Если $W_{\text{ф}} > W_{\min}$, то полив не требуется. Зная величину осадков, водопотребление, оросительную норму, расчетный слой почвы, запасы влаги $W_{\max}$ и $W_{\min}$ и составляя водный баланс расчетного слоя почвы по декадам с учетом фаз развития, можно аналитически и графически найти поливные нормы, число и сроки

проведения поливов. Когда фактические запасы влаги снижаются до W_{min}, назначают полив, определяют поливную норму и среднюю дату полива (рис. 1.6).

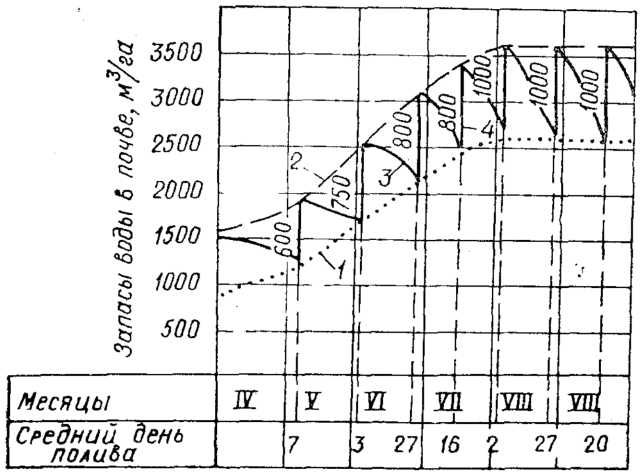


Рис. 1.6 - Графоаналитический метод расчета поливного режима:

1 и 2 - кривые минимального и максимального запасов воды в расчетном слое почвы; 3 - кривая изменения фактического запаса влаги в расчетном слое; 4 - поливные нормы

Графический метод расчета поливного режима сельскохозяйственных культур с использованием кривой дефицита влаги в расчетном слое почвы базируется на предварительно рассчитанном дефиците водного баланса поля с использованием **биоклиматического метода** и построением интегральной кривой (рис. 1.7). Начало этой кривой должно соответствовать минимальному запасу влаги в почве на момент посева или возобновления вегетации. Для определения срока первого полива необходимо исходный запас влаги в почве $W_{исх}$ сравнить с минимально допустимым W_{min}. Если $W_{исх} > W_{min}$, то определяют продуктивный запас влаги $A = W_{исх} - W_{min}$, по расходованию которого и назначают первый полив. Об этом будет свидетельствовать пересечение горизонтальной линии с интегральной кривой. Если $W_{исх} < W_{min}$, то сразу же после посева назначают полив, а дату очередного полива определяют аналогично предыдущему, но с учетом конкретного значения поливной нормы.

Полученные описанными методами сроки представляют средние даты поливов. Сроки их начала и окончания обусловливают продолжительность по-

ливного периода *t,* которая зависит от уровня организации полива в хозяйстве. Обычно *t* составляет от 3 до 10 суток, а при влагозарядковых поливах - до 15.

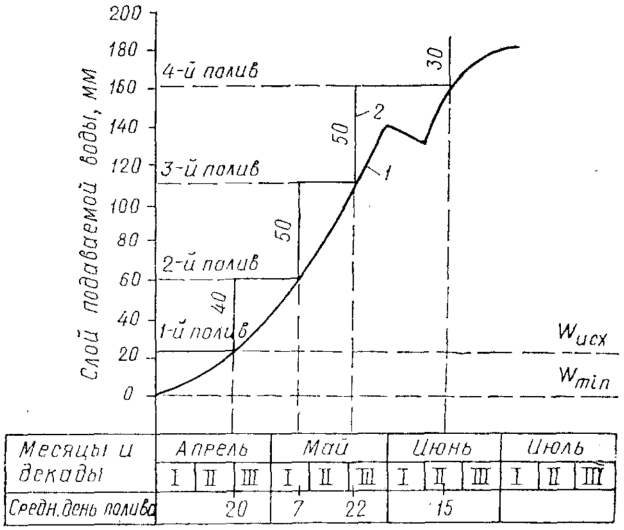


Рис. 1.7 - Метод определения поливного режима по дефициту водного баланса:

1 - интегральная кривая дефицитов водного баланса; 2 - норма полива; $W_{исх}$ и W_{min} - исходный и минимальный запас влаги в расчетном слое почвы

Поливные режимы сельскохозяйственных культур заданной обеспеченности для конкретных природных условий относятся к числу основных исходных показателей для проектирования орошения. Исходя из них, устанавливают расчетные расходы оросительной сети и сооружений на ней, оптимальную площадь орошения, потребность в поливной технике.

До недавнего времени задача установления с высокой вероятностью поливных режимов заданной обеспеченности надежному решению не поддавалась в связи с отсутствием точной методики расчетов и большой трудоемкости существующей.

В настоящее время, благодаря внедрению в практику проектирования биоклиматического метода А. М. и С. М. Алпатьевых, эту задачу успешно решают ЭВМ. Методика расчета на ЭВМ поливных режимов с использованием биоклиматического метода разработана сотрудниками УкрНИИГиМ, Укргипроводхоза и В/О «Союз-водпроект».

Особенности режима орошения риса. Рис - теплолюбивая культура. Он может произрастать в районах с суммой температур воздуха за летний период свыше 2000 ^{0}С. В бывшем СССР рисосеяние получило широкое развитие на юге Украины, Северном Кавказе, Южном Поволжье, республиках Средней Азии и Закавказья, а также на Дальнем Востоке. Рисовые системы размещают в районах с достаточными водными ресурсами на территориях с уклоном до 0,005, в основном непригодных для возделывания других сельскохозяйственных культур (засоленные поймы и дельты южных рек).

В практике рисосеяния существуют различные способы возделывания риса: с затоплением, с периодическими поливами и без орошения.

Наиболее распространен способ орошения риса затоплением - постоянным, укороченным и прерывистым (рис. 1.8). Положительное влияние затопления заключается в том, что слой воды на рисовом поле угнетает и подавляет сорную растительность, сглаживает разницу дневных и ночных температур, увлажняет приземный слой воздуха, способствует рассолению засоленных почв.

Постоянное затопление применяют на сильнозасоленных (более 2%) и засоленных почвах с фильтрацией менее 0,5 см/сут. При таком режиме всходы получают под слоем воды, поэтому они изрежены. Несмотря на значительную оросительную норму, достигающую 25 тыс. м^3/га, урожайность риса составляет, как правило, 25... 35 ц/га.

Более благоприятным считают режим с укороченным затоплением, при котором в период всходов риса слой воды на поле отсутствует. Он используется на незаселенных и среднезасоленных (до 1%) почвах с фильтрацией более 0,5 см/сут. Оросительная норма при этом достигает 15… 20 тыс. м^3/га, а урожайность - 50...60 ц/га и более.

Прерывистое затопление применяют на незасоленных почвах с фильтрацией более 2 см/сут. Оно позволяет значительно сократить оросительную норму. Оптимальная продолжительность чередования затопления с .его отсутствием составляет 5...6 дней.

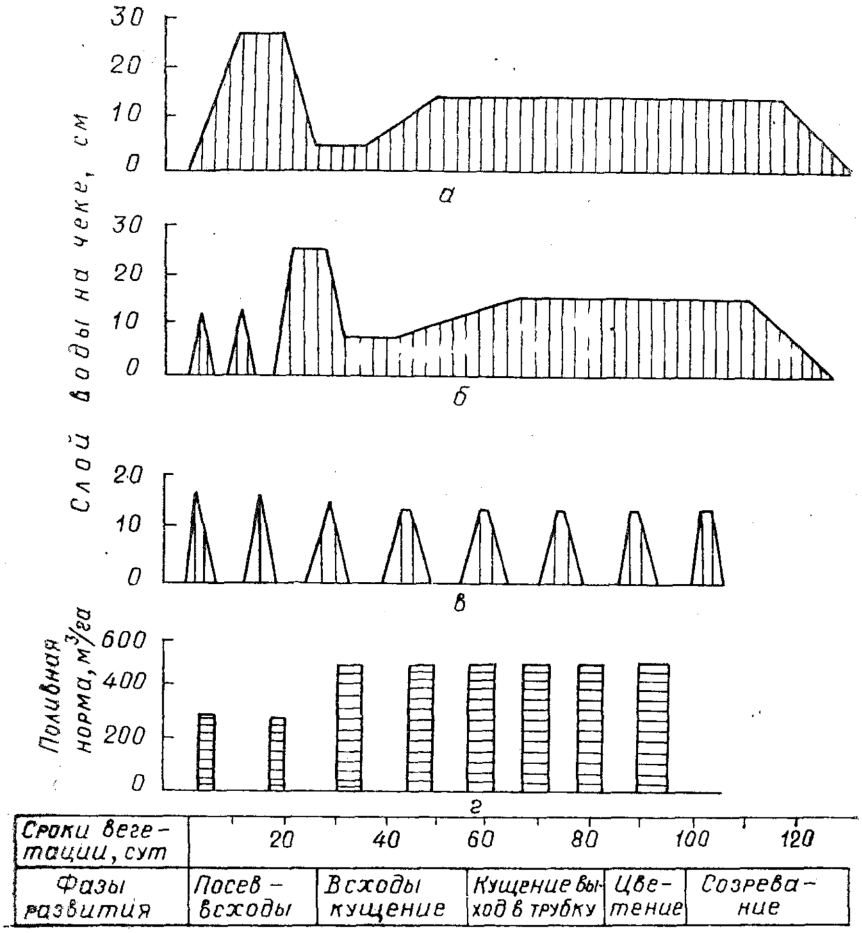


Рис. 1.8 - Режимы орошения риса:

а - постоянное затопление; *б* - укороченное затопление; *в* - прерывистое затопление; *г* - периодическое орошение

Величина оросительной нормы может быть определена по формулам А. Н. Костякова или В. Б. Зайцева.

По А. Н. Костякову: $$M=(T+W+F+S_{пр}+S_{сбр}+S_{пот})-kP. \quad (1.19)$$

По В. Б. Зайцеву:

$$M=(E+T-kP)+(W+F_в+F_о)+(S_{пр}+S_в+S_о), \quad (1.20)$$

где T в формуле А. Н. Костякова - водопотребление риса, а в формуле В. Б. Зайцева - транспирация; E — в формуле В. Б. Зайцева - испарение с водной поверхности рисового поля; W - насыщение почвогрунта; F- боковая и вертикальная фильтрация; $S_{пр}$ - прочность; $S_{сбр}$ - плановые сбросы; $S_{пот}$ - технические потери через затворы водовыпусков; P - осадки; k - коэффициент использова-

ния осадков; $F_в$ - вертикальная фильтрация; $F_о$ - фильтрационный отток в дренажную сеть; $S_н$ - неорганизованные сбросы; $S_о$ - сброс осушения.

Все составляющие, кроме осадков, измеряются в метрах кубических на гектар. Элементы оросительной нормы можно определять экспериментально, по аналогам или расчетами. Величины *E* и *T* находят экспериментально или по одному из методов расчета водопотребления.

Объем воды, идущей на насыщение почвогрунтов, определяют по формуле

$$W = AH\,(\beta_{пол} - \beta_{нал}), \qquad (1.21)$$

где *A* - скважность почвогрунта в слое *H, %*; *H* - слой почвы от поверхности земли до уровня грунтовых вод, м; $\beta_{пол}$ - полная влагоемкость почвы от скважности в слое *H, %*; $\beta_{нал}$ - наличная или предполивная влажность, *%*.

Объем воды, идущей на боковую и вертикальную фильтрацию, на однородных грунтах можно получить по формуле Дюпюи.

Остальные составляющие уравнений определяют экспериментально или принимают по рекомендациям (табл. 1.6).

Средние значения *M* для различных районов рисосеяния СНГ составляют тыс. $м^3$/га: Приморский край - 10...14, низовья р. Кубань 10...18, бассейны рек Терек и Сулак 10...20, поймы р. Дон 15...18, низовья р. Амударья 19…22, низовья рек Волга и Сырдарья 20...25, поймы р. Дунай 21...27.

Рис возделывают в севообороте вместе с другими сельскохозяйственными культурами, которые называют сопутствующими. В качестве таких культур, способствующих активному восстановлению плодородия рисовых полей, чаще всего используют люцерну, зернобобовые, люпин. При расчете режима орошения сопутствующих культур используют общепринятые методы, описанные ранее.

Таблица 1.6 - Предельные значения элементов, составляющих оросительную норму риса, тыс. м^3/га (по В.Б. Зайцеву)

Элементы оросительной нормы	Потребность в воде	
	максимальная	минимальная
Суммарное водопотребление	10,0	6,0
Первоначальное насыщение почвы	3,0	1,0
Фильтрация вертикальная и горизонтальная	10,0	1,0
Смена слоя воды (проточность) 5…20% подачи	4,2	0,5
Осенний сброс воды перед уборкой урожая	1,5	0,5

Режим орошения севооборотного участка и его районирование

В севообороте возделывают несколько сельскохозяйственных культур, каждая из которых имеет свой поливной режим. Суммарный режим орошения определяет характер подачи воды на эту площадь в течение оросительного периода. Он должен учитывать, кроме режимов орошения отдельных культур, почвенные, гидрологические условия каждого поля севооборота, уровень агротехники и условия организации труда в хозяйстве, режим источника орошения.

Режим орошения культур в севообороте определяют суммированием режимов орошения отдельных полей и показывают в виде графика режима орошения или графика гидромодуля.

Для составления графика режима орошения необходимо знать площади, сроки и нормы полива отдельных культур. Расход воды в л/с, необходимый для орошения, получают по формуле

$$Q_{\text{культ}} = \frac{\alpha F_{\text{сев}} m}{86{,}4\, t}, \qquad (1.22)$$

где ά - доля севооборотной площади, занятая культурой; $F_{\text{сев}}$ -площадь севооборотного участка, га; m - поливная норма, м^3/га; t - продолжительность полива, сут.

При составлении графика орошения поливные режимы отдельных культур последовательно накладывают с учетом доли площади α, устанавливают продолжительность поливного периода *t,* в течение которого подается расчетная поливная норма *m.* Причем ординаты расходов всех культур при совпадении сроков полива суммируют. Но, как правило, график получается со значительно колеблющимися ординатами с перерывами в подаче воды. Такой график называют неукомплектованным, его необходимо укомплектовать, выровнять и уменьшить ординаты, ликвидировать кратковременные перерывы в подаче воды. Укомплектование производят за счет сдвигов средней даты полива (на 3... 5 дней), изменения поливного периода (3...15 сут.). Укомплектование графика позволяет снизить максимальный расход на 20...25 % и более.

В тех случаях, когда при проектировании площади севооборотов заранее неизвестны, строят графики гидромодуля. **Гидромодуль** - это расход воды (в л/с), отнесенный к *I* га орошаемой площади и вычисляемый по зависимости

$$q = \frac{\alpha m}{86{,}4\ t}, \qquad (1.23)$$

где q - гидромодуль, л/с на 1 га; а - доля площади, занятая культурой в севообороте; m - поливная норма, м^3/га; t - поливной период, сут.; 86,4 - переводной коэффициент, учитывающий число секунд в сутках.

По расчетным ординатам гидромодуля для каждой культуры строят графики, которые могут быть укомплектованными и неукомплектованными (рис. 1.9). Порядок укомплектования такой же, как и для графиков орошения.

Для построения графика гидромодуля при дождевании поливной период t вычисляют по формуле

$$t = \frac{mF_{\text{п}}}{86{,}4\ \Sigma\ Q_{\text{м}} K_{\text{вр}}\ \beta}, \qquad (1.24)$$

где $\Sigma Q_{\text{м}}$ - сумма расходов дождевальных машин, работающих одновременно на одном поле; $K_{\text{вр}}$ - коэффициент использования рабочего времени дождевальной машины за сутки; β - коэффициент продолжительности работы дождевальной

машины в течение суток, $\beta = n/24$ (n - количество часов работы машины в сутки); $F_п$ - площадь поля нетто, га.

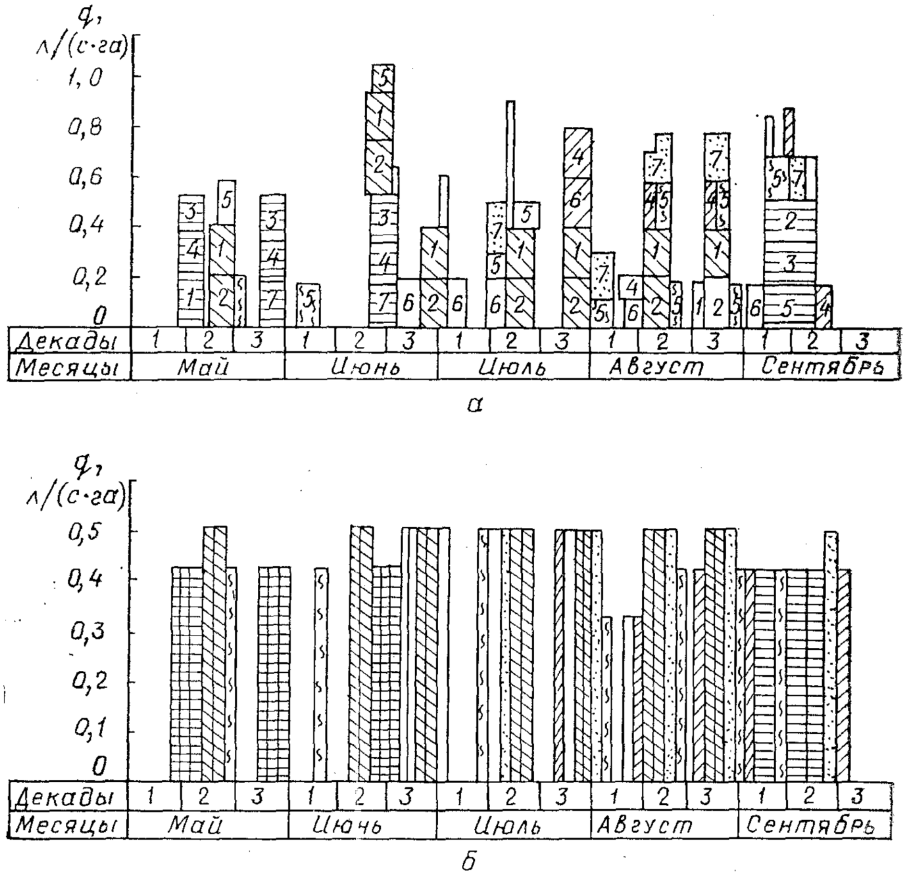


Рис. 1.9 - График гидромодуля:

а - неукомплектованный; в - укомплектованный; 1-2 - люцерна; 3, 4 - озимая пшеница; 5 - горох на зерно и пожнивное просо на зерно; 6 - пожнивные злакобобовые; 7 - пожнивный посев люцерны

Гидромодуль риса. Поливной режим рисового поля характеризуется двумя периодами: первоначальным затоплением и поддержанием слоя воды на чеке. Они различаются величиной ординаты гидромодуля, которая в период первоначального затопления имеет максимальные значения

$$q_1 = 0{,}116\left(\frac{W_н + 100\,h_1}{t_1} + 10\,E_1\right), \qquad (1.25)$$

где $W_н$ - начальный запас влаги в зоне аэрации, мм; h_1 - слой воды на чеке, мм; E_1 - испарение с поверхности поля, мм; t_t - продолжительность периода, сут.

При определении гидромодуля для каждой фенологической фазы развития риса используют следующие уравнения.

Создание слоя воды на чеке (всходы-кущение):

$$q_2 = 0{,}116\left(10\frac{h_1}{t_2} + E_2 + T_2 + F_2\right). \tag{1.26}$$

Сброс воды с чека до h_3 и поддержание этого слоя (кущение):

$$q_3 = 0{,}116\left(10\frac{h_2 - h_3}{t_3} + P_3 + E_3 + T_3 + F_3\right). \tag{1.27}$$

Создание постоянного слоя затопления:

$$q_4 = 0{,}116\left(10\frac{h_4 - h_3}{t_4} + E_4 + T_4 + F_4\right). \tag{1.28}$$

Поддержание слоя воды (кущение-созревание):

$$q_5 = 0{,}116\,(E_5 + T_5 + F_5). \tag{1.29}$$

Сброс воды с чека перед уборкой урожая:

$$q_c = 0{,}116\left[10\frac{h_4}{t_6}(E_6 + T_6 + F_6 - P_6)\right]. \tag{1.30}$$

Здесь h_n - глубина слоя затопления, см; t_n - продолжительность этапа (фазы), сут.; E_n, T_n, F_n, P_n - испарение, транспирация, фильтрация и осадки за соответствующие этапы, мм/сут.

Максимальные ординаты графиков гидромодуля и сброса являются расчетными. При орошении сопутствующих рису культур, входящих в севооборот, график гидромодуля для них составляют обычным порядком, как для сельскохозяйственных культур с периодическими поливами. Общий график гидромо-

дуля рисового севооборота представляет собой сумму графиков гидромодуля риса и сопутствующих ему культур (рис. 1.10).

Расчетные значения ординаты графиков гидромодуля для основных типов севооборота составляют: л/с·га: для хлопкового 0,7...1; зернового 0,5...0,6; овощного 0,4...0,5; рисового 2...3.

Гидромодульное районирование. Для массивов орошения с большим разнообразием природно-хозяйственных условий проводится гидромодульное районирование. Для этого всю орошаемую территорию делят на районы с аналогичными условиями, определяющими характер графика гидромодуля. Для каждого из них составляют свой график с указанием расчетных ординат гидромодуля.

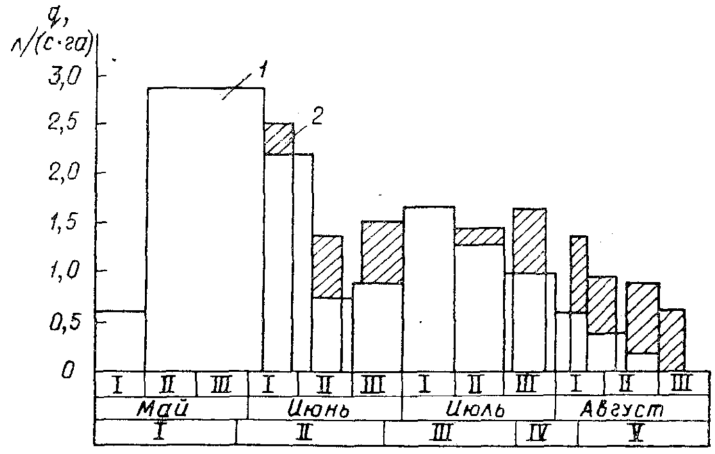


Рис. 1.10 - График гидромодуля риса:
1 - рис; 2 - сопутствующие культуры. Фазы вегетации: I - всходы; II - кущение; III - выход в трубку; IV - цветение; V - созревание

1.9. Типы гидромелиоративных систем в зависимости от природно-агро-мелиоративных условий

Мелиоративные (осушительные) системы подразделяют на **типы:**

1. ***По характеру воздействия на водный режим почв***:

а) осушительные системы одностороннего действия, обеспечивающие только отвод избыточной влаги из корнеобитаемого слоя почвы; б) осушитель-

ные системы с предупредительным шлюзованием, обеспечивающие отвод избыточной влаги и частичное задержание собственного стока в каналах для замедления или прекращения понижения уровня грунтовых вод; в) осушительно-увлажнительные системы двухстороннего действия, обеспечивающие создание и поддержание на протяжении всего вегетационного периода в корнеобитаемом слое оптимального водного режима путем своевременного отвода из него избыточной влаги и дополнительной подачи в засушливые периоды вегетации воды, необходимой для увлажнения этого слоя.

2. По способу отвода избыточных вод с осушаемой территории в водоприемник:

а) самотечные, когда вода, собираемая осушительной сетью, сбрасывается в водоприемник самотеком; б) с машинным водоподъемом, когда из осушительной сети в водоприемник вода перекачивается насосами; в) смешанные, когда в периоды паводков вода перекачивается насосами, а в остальное время сбрасывается самотеком.

3. По конструкции:

а) открытые системы, в которых всю осушительную сеть (от мелкой до крупной) выполняют в виде открытых каналов; б) закрытые системы, в которых всю осушительную сеть выполняют из закрытых дрен и коллекторов; в) комбинированные системы, в которых более мелкую осушительную сеть строят закрытой, а крупную — открытой.

4. По расположению осушительной сети на местности:

а) горизонтальные; б) вертикальные.

Современные мелиоративные системы по характеру воздействия на водный режим почв проектируют, как правило, осушительно-увлажнительными двустороннего действия, по конструкции — комбинированными. Эти типы мелиоративных систем являются наиболее распространенными.

В Украине при осушении речных пойм и территорий, примыкающих к водохранилищам и озерам, в последние годы все чаще строят польдерные осу-

шительные системы с машинным или смешанным способом отвода избыточных вод.

Типы мелиоративных (оросительных) систем.

Оросительные разделяют на три основных **типа**: открытые, закрытые и комбинированные.

Открытые оросительные системы наиболее распространены. Они имеют каналы в земляном русле или в виде лотков. Каналы обычно сооружают с противофильтрационной защитой.

Закрытые оросительные системы вместо каналов используют трубопроводы, обычно подземные. Закрытые системы могут быть стационарные, полустационарные и передвижные. В стационарных оросительных системах все звенья стационарные. Полустационарные системы имеют постоянные распределительные и разборные поливные трубопроводы. В передвижных системах все трубопроводы разборные.

Комбинированные оросительные системы состоят из открытых магистральных и межхозяйственных каналов и закрытой внутрихозяйственной оросительной сети.

Наиболее совершенной является **закрытая оросительная система**, имеющая высокий КПД и позволяющая автоматизировать подачу и распределение воды при поливе.

Независимо от типа и конструкции регулярно действующая оросительная система должна отвечать следующим основным требованиям: подавать воду на поля в любое время и в нужных количествах; иметь минимальные потери воды на фильтрацию, испарение и сброс; занимать минимальные площади отчуждения под все элементы оросительной системы; обеспечивать качественный полив и коэффициент полезного использования воды; иметь минимальную стоимость строительства и эксплуатации; обеспечивать получение проектной урожайности сельскохозяйственных культур.

Пример современной оросительной системы - Каховская, расположенная.в засушливых степях Херсонской и Запорожской областей. Вода в систему

забирается из Каховского водохранилища насосной станцией производительностью 530 м³/с. Площадь орошения первой очереди строительства 260 тыс. га, а в перспективе достигнет 784 тыс. га. Вода по орошаемому массиву распределяется тремя магистральными каналами: Главным Каховским длиной 130 км, Серогозским – 114 км, Каланчакским - 41 км и системой межхозяйственных распределительных каналов длиной 680 км.

Полив сельскохозяйственных культур на землях первой очереди строительства осуществлялся широкозахватными дождевальными машинами «Днепр» и «Фрегат». Вода к ним подается по высоконапорным трубопроводам. Вдоль всех каналов построены автомобильные дороги с твердым покрытием. Проектный КПД системы 0,95...0,96, что является лучшим показателем в СНГ.

1.10. Этапы создания водохозяйственно-мелиоративних объектов: проектирование; строительство; эксплуатация

Создание мелиоративных систем регулируется Государственными строительными нормами Украины. Мелиоративные системы и сооружения ДБН В.2.4-99 Держбуд України, Київ, 2000г. В ДБН В.2.4-99 регламентируются следующие этапы работ по созданию мелиоративных систем: I - Нормы проектирования; II – Организация строительства. Выполнения работ. Данные нормы распространяются на проектирование, строительство и реконструкцию мелиоративных систем и сооружений.

При проектировании и определении основных характеристик мелиоративных систем руководствуются принятым делением территории Украины на пять основных почвенно-климатических зон: Полесье, Лесостепь, Северная Степь, Южная Степь, горные районы Карпат и Крыма.

Порядок и стадийность разработки проектной документации при строительстве мелиоративных систем устанавливается ДБН А.2.2-3. Величину расчетных расходов и уровней воды в водных источниках, водоприемниках, осу-

шительных каналах определяют согласно со СНиП 2.01.14 с учетом особенностей формирования стока на водосборной площади.

Раздел проектирования содержит следующие основные **подразделы**: оросительные системы; осушительные системы; сооружения на оросительных и осушительных системах; насосные станции; защитные дамбы; нормы отведения земель для строительства мелиоративных систем; реконструкция мелиоративных систем; оценка влияния мелиоративных систем на окружающую среду (ОВОС); приложения А-Ц, содержащие справочные материалы для выполнения расчетов.

Раздел строительства содержит следующие основные **подразделы**: подготовка строительства мелиоративных систем; документация на организацию строительства и выполнения работ; материально-техническое обеспечение; механизация и транспорт; обеспечение качества строительно-монтажных работ; требования к организации строительного производства в условиях реконструкции сооружений в составе мелиоративной системы; требования к выполнению работ при строительстве гидротехнических сооружений мелиоративных систем; строительство оросительных трубопроводов; строительство дренажа; реконструкция мелиоративных систем; точность сводки гидротехнических сооружений мелиоративных систем; строительство дорожной сети на мелиоративных системах; охрана окружающей естественной среды; противопожарные мероприятия; требования относительно безопасности труда; применение и введение в эксплуатацию мелиоративных объектов.

Эксплуатация построенных объектов начинается после испытаний и приёмки построенного объекта, наладки пуска в постоянную эксплуатацию. Принятие в эксплуатацию мелиоративных и водохозяйственных объектов государственного заказа должно осуществляться в соответствии с требованиями ДБН А.3.1-3, а также с "Правилами принятия в эксплуатацию законченных строительством мелиоративных и водохозяйственных объектов государственного заказа". Объекты, которые не являются государственной собственностью,

должны вводиться в эксплуатацию в соответствии с требованиями 3.1-3.13 ДБН А.3.1-3.

При составлении мелиоративных проектов обоснованно учитываются последние научно-технические достижения, на основе которых должны решаться вопросы мелиорации и освоения земель на перспективу.

Проекты должны составляться на основании тщательно разработанных заданий и программ с учетом обеспечения высокой и устойчивой урожайности культур, высоких коэффициентов земельного использования и коэффициента полезного действия, а также удовлетворения требований к вводно-воздушному, питательному, тепловому и солевому режимам почвы.

Проектирование и изыскание производят специализированные проектно-изыскательные организации (Укргипроводхоз, Львовгипроводхоз и др.).

Полевые и камеральные материалы изысканий с выводами и предложениями представляются главному инженеру проекта, который анализирует и использует эти материалы при составлении проекта мелиоративной системы.

Стадии проектирования.

Проектирование мелиоративных систем и сооружений производят для более крупных объектов в две стадии - технический проект и рабочие чертежи и для небольших объектов в одну стадию - технорабочий проект, т.е. технический проект, совмещенный с рабочими чертежами.

Задание на проектирование выдается заказчиком и составляется на основании схем комплексного использования земельных и водных ресурсов по отдельным бассейнам рек, районам и территориям, а также генеральной схемы использования и охраны водных и земельных ресурсов страны. По крупным и сложным мелиоративным системам и сооружениям составляется еще технико-экономическое обоснование (ТЭО), определяющие техническую возможность и экономическую целесообразность строительства данной мелиоративной системы. В составление заданий обычно участвуют проектные организации.

Состав технического проекта мелиоративной системы:

1) схема генерального плана, которая составляется для сложных объектов, строительство которых производится по очередям. Она состоит из пояснительной записки и графических чертежей;

2) описание и оценка природной обстановки объектов в целом с прогнозом ее изменения в связи с мелиоративным строительством;

3) изложение и обоснование основных проектных решений о границах объекта и его площади, организации сельскохозяйственного производства и территории, составе мелиоративных мероприятий, расположении и конструкции мелиоративной системы и ее элементов, сельскохозяйственном водоснабжении, автоматизации и телемеханизации системы, организации технической эксплуатации, энергоснабжении и связи, сельскохозяйственного строительства и освоения, об организации строительства и его очередности;

4) сметная часть, которая учитывает объем работ и стоимость строительства, полученные в результате расчетов по нормам и расценкам;

5) основные технико-экономические показатели проекта, характеризующие экономическую эффективность проектируемых мероприятий, дающих возможность судить об ожидаемом выполнении возлагаемых на строительство экономических и технических задач и о сроках окупаемости капитальных вложений.

К пояснительной записке прилагаются: план мелиоративной системы, инженерно-геологические, гидрогеологические и почвенно-мелиоративные карты, чертежи основных сооружений, продольные профили магистральных и распределительных каналов и коллекторов.

Рабочие чертежи для строительства мелиоративных систем или сооружений выполняют в соответствии с утвержденным *техническим проектом*. В рабочих чертежах приводят уточнения и детализацию решений технического проекта в той степени, в которой это необходимо для производства строительно-монтажных работ.

Технорабочий проект разрабатывают для технически несложных объектов. В технорабочем проекте приводятся только те чертежи и данные, которых нет в типо-

вых и повторно применяемых проектах. Состав технорабочего проекта: пояснительная записка, сводная смета и графический материал.

Эксплуатация

Основной задачей эксплуатации мелиоративных систем является обеспечение принятых при проектировании технологических параметров работы, соблюдение условий: противоаварийной и противопожарной безопасности, относительно безопасности труда, сохранения естественной окружающей среды.

Основными проблемными вопросами при эксплуатации мелиоративных систем являются:

- предотвращение обрушения откосов или заиливание открытых каналов;

- заиливание дрен в закрытых системах;

- для систем водопонижения и дренажных систем городов и промышленных предприятий очистка дренажных вод от загрязнений.

Заиление дренажа - сложный процесс, включающий отложение частиц грунта и железистых соединений внутри труб, кольматаж фильтров, закупорку водоприемных отверстий, а также зарастание полостей труб корнями растений.

Для предохранения дренажа от заиления применяют защитно-фильтрующие материалы - органические (мох, торфяная крошка, солома, опилки и др.) или синтетические (стеклохолст, стекловата и др.), которыми обвертывают дренажные трубы по всей длине или только на стыках.

На рис. 1.11 приведена схема защиты дрен от заиления стеклохолстом. Строго говоря, термин “фильтр” является неправильным, поскольку им определяют пористый материал, который пропускает через себя жидкость из суспензии и задерживает взвешенные в ней частицы. Если бы дренажный фильтр был именно таким, то он достаточно быстро перестал бы пропускать воду в результате закупорки микроскопическими частицами грунта, которые накопятся в его теле и в вокруг него. Перед ним будут накапливаться крупные частицы грунта, которые задерживают более малые, а те - еще более малые и т.д., то есть в грунте создастся “обратной фильтр”, который стабилизирует грунт: прекратит движение его частиц, кроме микроскопических через дрену.

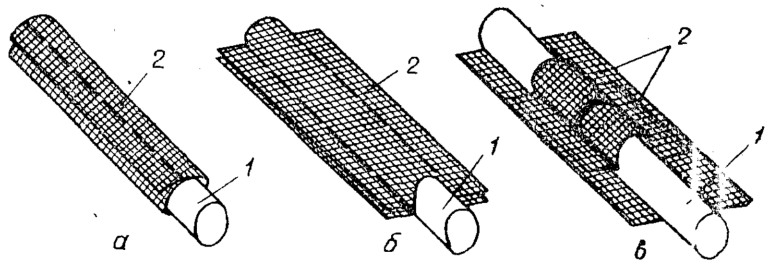


Рис. 1.11 - Схемы защиты дрен от заиления стеклохолстом:

а - сплошная обертка фильтрующей лентой; б - сплошная защита двумя лентами - подстилочной и покровной; в - укладка труб на подстилочную ленту с покрытием стыков полосками ленты; 1 - гончарная или пластмассовая труба; 2 - стеклохолст

На рис. 1.12 приведен обратный грунтовый фильтр возле водоприемной щели пластмассовой дрены.

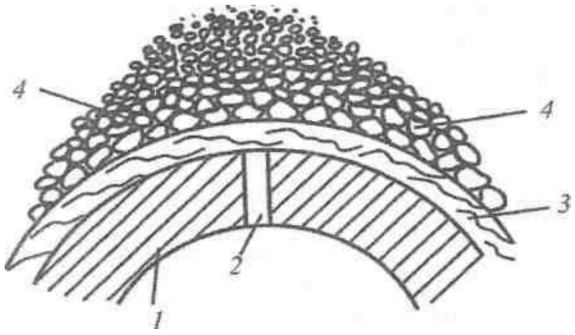


Рис. 1.12 - Обратный грунтовый фильтр возле водоприемной щели пластмассовой дрены:

1 - дренажная труба, 2 - водоприемная щель; 3 - волокнистый фильтр; 4 - частицы грунта, размер которых уменьшается по мере удаления от водоприемной щели

Применение фильтрующих материалов значительной толщины (обсыпка песком с гравием и т.д./ уменьшает входные градиенты в результате увеличения диаметра водопроницаемой полости. Потому объемные фильтры, обычная толщина которых 10...20 см, имеют преимущество перед фильтрами из стеклянных и синтетических полотен, толщина которых меньше 1 мм. Недостаток зернистых объемных фильтров - большая стоимость транспортировки материалов для них. Принцип выбора материала фильтра заключается в подборе

фильтрующего материала с такими щелями, которые обеспечат создание вокруг него грунтового обратного фильтра, что является необходимым условием стабилизации грунта в зоне дрен.

Железо задерживают в грунте еще на подходе к дренам путем внесения в дренажную засыпку ингибиторов (известь, фосфорная мука), которые связывают железо в грунте, не допуская его к фильтру и другими способами.

Проблемы эксплуатация открытых каналов оросительных и осушительных систем связаны с влиянием природных и искусственных факторов. Каналы со временем подвергаются деформациям, которые выражаются в изменении форм и размеров поперечного сечения, а также продольного профиля. Деформации каналов обусловливаются в первую очередь неодинаковой устойчивостью откосов по глубине, связанной с неоднородностью (слоистостью) грунтов и различной их увлажненностью и связностью. Влажные грунты имеют меньшее сцепление частиц и быстрее оползают. Причинами деформаций являются также суффозия грунтов, недопустимые скорости течения воды и резкие колебания их уровней в каналах, замерзание и оттаивание грунтов, снежноледяная закупорка каналов, осадка торфа и просадка грунтов под действием внешних нагрузок (кавальеров грунта и землеройных машин при производстве работ) и др. **Суффозия** - это вымыв частиц грунта под действием гидродинамического давления фильтрационного потока, приводящий к нарушению связности и устойчивости грунтов.

Наиболее распространенный вид деформаций русел открытых каналов - оползание и обрушение откосов. Для недопущения выпора грунта у подошвы откосов устраивают плетневые или дощатые стенки, укладывают на дно каналов пористые железобетонные лотки. Эффективным мероприятием по предупреждению обрушения откосов является устройство за бровкой канала разгрузочных дрен, перехватывающих фильтрационный поток и снижающих уровень грунтовых вод. Размыв откосов и дна каналов наблюдается в основном при прохождении по ним максимальных расходов, при которых скорости течения воды наибольшие. В песчаных и илистых грунтах подошвы откосов могут раз-

мываться и при бытовых расходах. Для предотвращения размыва осушительных каналов необходимо при проектировании принимать средние по живому сечению скорости течения воды в них v не превышали максимально допустимую скорость на размыв $v_{\max\ разм}$.

В земляных незакрепленных руслах максимально допустимые скорости движения воды (при гидравлическом радиусе потока R=1 м) колеблются в широких пределах: 0,15 - 0,30 м/с и 1,1 - 1,4 м/с для илов и для слаборазложившихся торфов, соответственно.

Задача службы эксплуатации заключается в поддержании в рабочем состоянии устройств защиты откосов и дна каналов и проведении защитных мероприятий. Так, например, крепление откосов осушительных каналов выполняют с помощью залужения (посевом многолетних трав), одерновки, каменной отмостки, наброски в плетневые клетки, пористых железобетонных плит и др. Дно каналов покрывают щебнем или гравием. Допустимые неразмывающие скорости для закрепленных русел позволяют достичь больших значений, чем для незакрепленных русел. А именно в пределах от 10-15 м/с для железобетонных плит до 1,0-1,5 м/с при одерновке и залужении.

Распространенными видами деформаций русел являются также их заиление и зарастание. Заиление проявляется в том, что илистые, глинистые, песчаные грунты и аморфный торф откладываются на участках, где скорости потока весьма малы. При этом уменьшаются глубина и осушительное действие каналов. При скоростях течения воды менее 0,3... 0,4 м/с наблюдается зарастание каналов. Основной метод борьбы с зарастанием - удаление растительности путем выкашивания.

РАЗДЕЛ 2. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

2.1. Типы гидромелиоративных систем гумидной зоны. Элементы осушительных систем

Типы гидромелиоративных (осушительных) систем гумидной зоны в основном соответствуют с представленными выше типами таких систем. Мелиоративные системы на осушаемых землях включают следующие **основные элементы**:

1. Водоприемник (река, озеро и др.) - служит для приема воды с осушаемой территории.

2. Осушительную сеть, которую по назначению делят на регулирующую, оградительную и проводящую.

Регулирующая осушительная сеть (открытые осушители и собиратели, горизонтальные и вертикальные дрены и др.) предназначена для отвода из корнеобитаемого слоя избыточных вод и поддержания в нем оптимального водно-воздушного режима.

Оградительная осушительная сеть (нагорные и ловчие каналы, ловчие горизонтальные и вертикальные дрены и др.) предназначена для защиты осушаемой территории от притока избыточных поверхностных и грунтовых вод со стороны.

Проводящая осушительная сеть (магистральные каналы, открытые и закрытые коллекторы и др.) собирает избыточную воду из регулирующей и оградительной сети и доставляет ее за пределы осушаемой территории в водоприемник.

3. Увлажнительная, или оросительная, сеть (оросительные каналы и трубопроводы и до.), обеспечивающая подачу воды в корнеобитаемый слой почвы в засушливые периоды. Оросительная сеть может оборудоваться дождевальными машинами.

4. Гидротехнические сооружения на осушительной и увлажнительной сети (шлюзы, перепады, быстротоки, насосные станции, колодцы и др.) предназначены для управления потоком воды в каналах и трубопроводах.

5. Водохранилища - проектируют для регулирования стока и обеспечения увлажнения осушаемых земель.

6. Дамбы обвалования - обеспечивают защиту осушаемых земель от затопления со стороны водохранилищ, озер или рек - водоприемников.

7. Дорожная сеть (дороги, мосты, переезды и др.) - служит для проезда транспорта и сельскохозяйственных машин по осушительной системе.

8. Природоохранные сооружения и устройства - применяют для охраны почвенного покрова, животного и растительного мира, рекреационного и других видов несельскохозяйственного использования земель; они включают лесные полосы, охранные зоны, пляжи, подпитывающие и сбросные каналы для водоемов, пешеходные мостики, мосты-переходы для диких животных, очистные сооружения и пр.

9. Эксплуатационные сооружения и устройства (наблюдательные скважины, гидрометрические посты, здания, средства связи, телемеханики и автоматики и пр.) - обеспечивают контроль и управление водным режимом почвогрунтов, а также поддержание мелиоративной системы в исправном состоянии.

Осушительная система может включать все перечисленные элементы или (по потребности) только некоторые из них.

Конструкция мелиоративной системы должна предусматривать возможность усовершенствования ее в будущем, так как даже технически совершенная в настоящем система устаревает.

Типовые схемы мелиоративных систем представлены на рис. 2.1- 2.3.

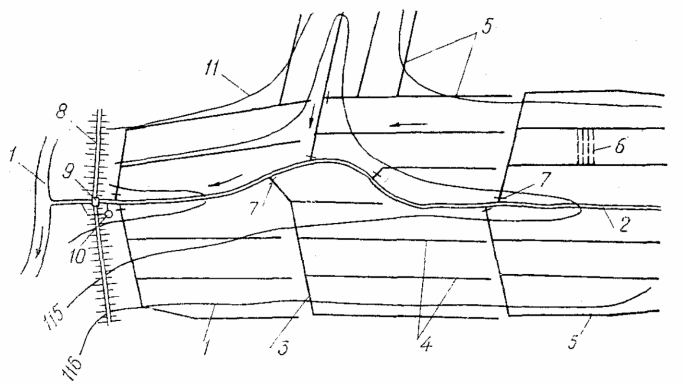


Рис. 2.1 - Схема польдерной осушительной системы на пойменных землях:

1 - река-водоприемник; 2 - магистральный канал; 3 - транспортирующие собиратели; 4 - открытые коллекторы; 5 - нагорно-ловчие каналы; 6 кротовый дренаж; 7 - шлюзы-переезды; 8 - защитная дамба; 9 - выпускной шлюз в дамбе; 10 - насосная станция; 11 - горизонтали

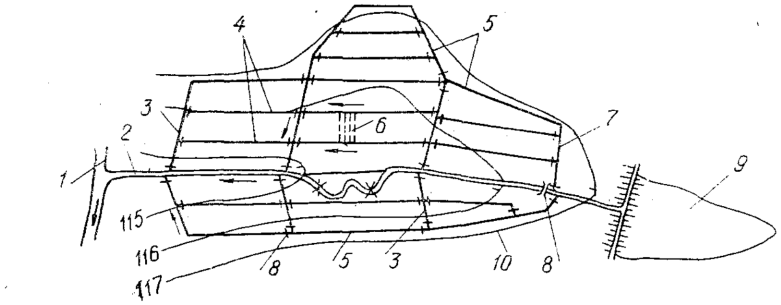


Рис. 2.2 - Схема самотечной осушительно-увлажнительной системы на пойменных землях:

1 - река-водоприемник; 2 - магистральный канал; 3 - транспортирующие собиратели; 4 - открытые коллекторы; 5 - нагорно-ловчие каналы; 6 - кротовые дрены; 7 - увлажнительный канал; 8 - шлюзы-регуляторы; 9 - водохранилище; 10 – горизонтали

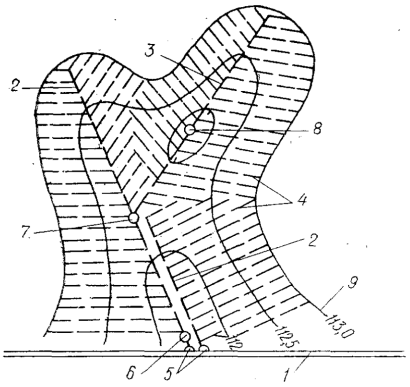


Рис. 2.3 - Схема закрытой дренажной системы:

1 - открытый канал-водоприемник; 2 - закрытый коллектор I порядка; 3 - коллектор II порядка; 4 - регулирующие дрены; 5 - дренажные устья; 6 - колодец-регулятор; 7 - соединительный колодец; 8 - колодец-поглотитель; 9 - горизонтали

2.2. Проектирование в плане составных элементов осушительных систем

В зависимости от потребности в осушении дренаж проектируют по всей территории или выборочно для осушения только отдельных переувлажненных понижений.

При проектировании материального (гончарного, пластмассового) дренажа необходимо стремиться к постоянству глубины заложения дрен, что снижает объемы земляных работ и обеспечивает более равномерное осушение территории. Соблюдая постоянную глубину заложения дрен, плановое их положение следует выбирать так, чтобы уклоны поверхности земли по трассе дрен были бы такими, как и уклоны самих дрен (минимальный уклон материальных дрен 0,002, оптимальный - 0,004…0,006).

Поэтому при уклонах поверхности земли $i_п$ более 0,005 дрены в плане проектируют под острым углом к горизонталям и поперек уклона поверхности (поперечная схема), а при уклонах поверхности менее 0,005 - преимущественно поперек горизонталей, вдоль уклона поверхности (продольная схема) (рис. 2.4).

При значительных уклонах поверхности земли ($i_п$>0,015) и поперечной схеме расположения дренажа грунтовые воды отводятся быстрее и расстояния между дренами увеличиваются на 10...15%.

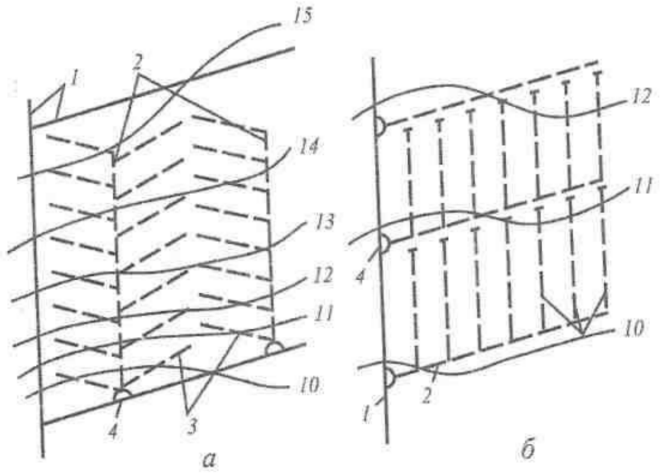


Рис. 2.4 - Схемы расположения дрен в плане:
а - поперечная схема; б - продольная схема; 1 - канал; 2 - закрытый коллектор; 3 - дрены; 4 - устьевое сооружение

На участках с незначительными уклонами поверхности земли ($i_п$<0,002), например в поймах рек, материальный дренаж проектируют с искусственным уклоном ($i_{др}$⩾0,002). При этом в верховье дрен и коллекторов глубину заложения принимают минимальной, постепенно увеличивая ее к устью. Во избежание значительного заглубления дренажной сети длину дрен сокращают до 100...150 м, а коллекторов до 300…400 м (рис. 2.5).

На участках со значительным уклоном поверхности земли длины материальных дрен допускаются до 200…250 м, а коллекторов - до 1000 м.

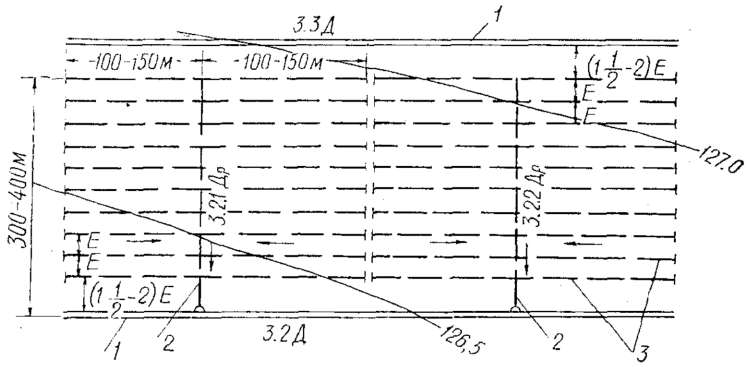


Рис. 2.5 - Схемы гончарного дренажа на пойменных землях с незначительными уклонами поверхности земли:
1 - открытые каналы; 2 - закрытые коллекторы; 3 - регулирующие дрены

Учитывая осушающее действие открытых каналов, первые дрены размещают от них примерно на расстояниях (1,5... 2)*E,* где *E* — расстояние между дренами. На средних участках между открытыми каналами для более равномерного осушения дрены следует проектировать более густо (на расстояниях 0,5*E*), такую схему размещения дрен белорусские мелиораторы назвали «соединенными гребенками» (рис. 2.6).

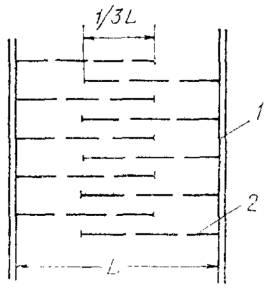


Рис. 2.6 - Схема размещения закрытого дренажа с учетом осушительного действия открытых каналов («соединительные гребенки»):
1 - открытые коллекторы; 2 - закрытые дрены

Кротовые дрены нарезают поперек открытых коллекторов. На участках с уклонами поверхности земли $i_п$ до 0,001 кротовые дрены проектируют длиной по 150… 200 м и подключают к открытым каналам с обеих сторон. При уклонах поверхности земли $i_п$ = 0,002... 0,004 дрены подключают к каналам также с двух сторон; при этом дрены, расположенные в направлении уклона местности, проектируют длиной 150… 200 м, а дрены, нарезаемые против уклона поверхности, - 60… 100 м. При уклонах более 0,005 дрены проектируют только по направлению уклона поверхности максимальной длины - до 200 м (рис. 2.7).

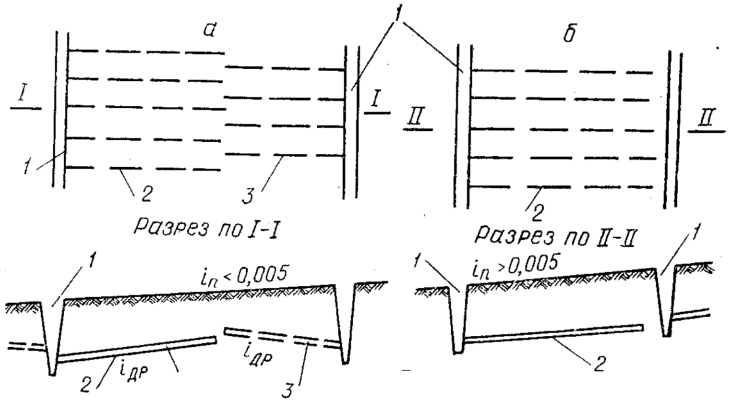


Рис. 2.7 - Схемы расположения кротового дренажа:
а - двустороннее подключение дрен; б - одностороннее подключение дрен; 1 - открытый канал; 2 - кротовая дрена, нарезаемая в направлении уклона поверхности; 3 - кротовая дрена, нарезаемая против уклона поверхности

2.3. Регулирующая осушительная сеть. Строительство и параметры закрытого дренажа и открытых каналов. Расчет элементов регулирующей осушительной сети

Регулирующая сеть предназначена для удаления из почвогрунтов избыточной влаги и поддержания в них необходимого водно-воздушного режима.

Регулирующую сеть по принципу действия делят на сеть, обеспечивающую своевременное понижение уровня грунтовых вод до нормы осушения, или дренажную; и сеть, обеспечивающую отвод избыточных поверхностных вод и вод из пахотного горизонта в заданные сроки, или собирательную.

Сеть по понижению уровня грунтовых вод проектируют на сравнительно водопроницаемых почвогрунтах (с коэффициентом фильтрации в верхнем мет-

ровом слое более 0,3 м/сут); сеть по ускорению поверхностного стока применяют при осушении тяжелых по механическому составу почвогрунтов. Эти виды сетей соответствуют двум основным методам осушения.

По конструкции регулирующую сеть выполняют открытой (каналы) или закрытой (закрытые дрены и собиратели).

По расположению на местности сеть может быть горизонтальной или вертикальной, систематической при осушении всей территории или выборочной для осушения отдельных понижений. Ниже приведены условия для горизонтальной осушительной сети.

Преимущества и недостатки открытой и закрытой регулирующей осушительной сети.

Преимущества **открытых регулирующих каналов**: простота конструкции и недорогие в строительстве.

Недостатки 1) вместе с полосами отчуждения занимают значительную часть осушаемой площади (до 15...20%), в связи с чем снижается коэффициент земельного использования (КЗИ); 2) затрудняют работу сельскохозяйственных машин и снижают их производительность (так как расстояние между каналами до 100 м); 3) являются рассадниками сорной растительности; 4) при осушении открытыми каналами требуют большого количества сооружений - шлюзов-регуляторов и переездов; 5) значительны эксплуатационные расходы по уходу за открытыми каналами.

Поэтому применение открытой сети в настоящее время ограничено.

Преимуществами при устройстве **закрытой осушительной сети** потери сельскохозяйственных площадей исключаются, и повышается коэффициент земельного использования (КЗИ.), устраняются препятствия механизации сельскохозяйственных работ, упрощается и удешевляется эксплуатация системы, облегчается внутрихозяйственное землеустройство, сокращается количество сооружений на открытых каналах.

К недостаткам **закрытой сети** относят: 1) медленный отвод поверхностных вод; 2) более высокая стоимость строительства закрытых систем.

Несмотря на это, закрытый дренаж является основным способом осушения сельскохозяйственных угодий.

Регулирующую сеть по понижению уровня грунтовых вод применяют на достаточно водопроницаемых почвогрунтах, в которых накопление избыточных вод приводит к чрезмерному повышению их уровня. Задача осушения в этом случае состоит в понижении уровня грунтовых вод до необходимой нормы осушения.

Понижение уровня грунтовых вод осуществляется **за счет строительства** и создания с помощью искусственных дрен или каналов разности напоров воды в почвогрунтах и дренах, вследствие чего происходит отток избыточных вод.

Движение грунтовых вод описывают **уравнением Дарси**

$$v = -kJ = -k\frac{dh}{dx}, \qquad (2.1)$$

где v - скорость движения грунтовых вод, м/с; k - коэффициент фильтрации грунтов, имеющий размерность скорости, м/с; J - градиент напора грунтовых вод, определяемый как dh/dx; dh - падение напора по пути dx.

Грунтовая вода движется в сторону падения напора (на это указывает знак «минус» **в формуле Дарси**), создаваемого каналами и дренами, и поступает в них как через откосы, так и через дно. При этом следует различать два типа водного питания - грунтовое и инфильтрационное.

Одним из основных параметров для расчетов элементов закрытой сети является **модуль дренажного стока. Модуль дренажного стока** - расход с единицы площади. Пересчет от удельного притока воды q в м^3/сут. на 1 м канала с одной стороны к модулю дренажного стока $q_{др}$, выраженному в л/(с·га), выполняют по зависимости

$$q_{др} = 231{,}5\ q/E, \qquad (2.2)$$

где E - расстояние между дренами, м.

Если известны подлежащее отводу количество воды W (в м) слоя и расчетная продолжительность их отвода t (в сут), то модуль дренажного стока можно вычислить по зависимости

$$q_{др} = 116\ W/t. \qquad (2.3)$$

Расчетные модули стока принимают как средние за критические (расчетные) периоды избыточного увлажнения. Они составляют от 0,4…0,5 л/(с·га) для глинистых грунтов до 0,6...0,9 л/(с·га), для песчаных грунтов и низинных торфяников, на болотах грунтово-напорного питания $q_{др}$ достигает 0,9…1,2 л/(с·га).

Для закрытой сети определяющими параметрами при строительстве являются: - **глубина заложения регулирующих дрен**; **расстояние между дренами; диаметр и уклон дрен.**

Глубина заложения регулирующих дрен должна быть больше требуемого понижения уровня- грунтовых вод (нормы осушения) вследствие падения депрессионной кривой от междренья к дренам (рис. 2.8). При этом необходимая глубина заложения горизонтальных дрен T (в м) определяется по зависимости

$$T = H_{пос} + h_2, \qquad (2.4)$$

где $H_{пос}$ - норма осушения на посевной период; для сельскохозяйственных культур раннего весеннего сева принимается 0,45...0,6 м;

h_2 **-** напор между дренами на конец расчетного периода (остаточный напор на посевной период), включает падение депрессионной кривой на междренье и высоту нависания над дреной и зависит от интенсивности отвода дренажных вод и расстояния между ними.

Остаточный напор составляет от 0,2...0,3 м на легких супесчаных грунтах и до 0,5...0,7 м на тяжелых глинах.

Кроме того, глубина заложения гончарных и пластмассовых дрен должна быть больше глубины промерзания грунтов в данной местности, поскольку в противном случае дрены будут закупориваться льдом, длительное время не работать и быстрее разрушаться.

Оптимальная глубина заложения гончарных и пластмассовых дрен следующая: в песчаных и супесчаных грунтах 1,0...1,1 м, в суглинистых и глинистых грунтах 1,1…1,3 м, в торфах после их осадки 1,0...1,3 м; меньшие значения принимают при осушении лугов, большие - в полевых севооборотах. В садах глубина заложения материальных дрен должна быть 1,2...1,4 м. Средняя

глубина заложения кротовых дрен в торфяных грунтах 0,8...1,0 м. Минимальная глубина заложения кротовых дрен 0,6...0,7 м (при меньшей глубине кротовые дрены будут продавливаться проходящими по поверхности машинами); для гончарных и пласт массовых дрен при пересечении ими отдельных микропонижений минимальная глубина 0,8 м. Во избежание неравномерности осушения максимальная глубина заложения дрен не должна превышать среднюю более чем на 0,3...0,4 м.

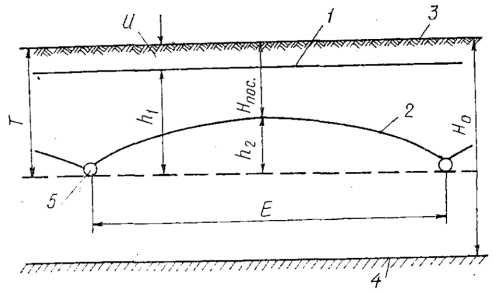


Рис. 2.8 - Схема к расчету глубины заложения дрен и расстояния между ними:

1 - положение уровня грунтовых вод в начале расчетного периода; 2 - то же в конце расчетного периода; 3 - поверхность земли; 4 - водоупор; 5 - дрена

Глубину заложения дрен **увеличивают** только, в грунтах, в которых на глубине 1,0...1,5 м залегают хорошо водопроницаемые слои. В таких случаях дрены закладывают в эти слои на максимально допустимую глубину, что значительно повышает эффективность дренирования и позволяет увеличивать междренные расстояния. Однако при вскрытии слабоводопроницаемых грунтов с глубины 0,6 ... 0,9 м глубину заложения дрен, наоборот, **уменьшают** до 0,8...0,9 м, закладывая их на водоупоре или врезаясь в него не более чем на 0,2...0,3 м.

Расстояние между дренами устанавливают расчетным путем и корректируют с помощью опытных данных существующих осушительных систем, построенных в аналогичных условиях, и рекомендаций научно-исследовательских организаций. Расстояние между дренами зависит от таких факторов: 1) водно-физических свойств почвогрунтов и в первую очередь от коэффициентов фильтрации k и водоотдачи β; 2) глубины заложения дрен T; 3) нормы осуше-

ния $H_{пос}$; 4) расчетного времени t_p, за которое необходимо обеспечить понижение уровня грунтовых вод на $H_{пос}$; 5) климатических факторов и в первую очередь от осадков N и испарения e; 6) геологического строения (слоистости грунтов, глубины залегания водоупора); 7) топографических условий - уклонов поверхности земли, места расположения дренажа на склоне и др.

Расстояние между дренами следует определять исходя из динамики уровня грунтовых вод и неустановившегося режима фильтрации. Такой подход к расчету расстояния между дренами E впервые применил А. Н. Костяков. Формула А. Н. Костякова для условий инфильтрационного типа водного питания и совершенного дренажа (рис. 2.9).

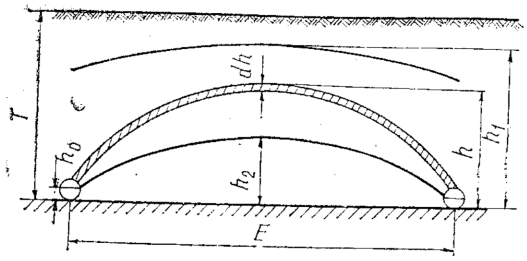


Рис. 2.9 - Схема к расчету расстояний между дренами при неустановившемся режиме притока грунтовых вод

Для условий однородных грунтов удельный приток воды к дрене с двух сторон:

$$E = 2\sqrt{\frac{k \cdot t_p \cdot h_1 \cdot h_2}{\beta (h_1 - h_2)}} \qquad (2.5)$$

М. Буссинеск, исходя из решения дифференциального уравнения неустановившегося движения грунтовых вод и соответственно переменного притока воды, получил аналогичную формулу для определения расстояния между дренами

$$E = 2{,}14\sqrt{\frac{r t_p h_1 h_2}{\beta (h_1 - h_2)}} \qquad (2.6)$$

Для условий, когда за посевной период осадки и испарение не равны между собой, расстояние между дренами можно определить по аналогичной формуле А. М. Янголя

$$E = 2\sqrt{\frac{kt_p h_1 h_2}{\beta(h_1 - h_2\alpha) + N - e}} \qquad (2.7)$$

В этих формулах E - расстояние между дренами, м; k - коэффициент фильтрации водопроницаемого слоя почвогрунтов, м/сут; $t_р$ - расчетное время понижения уровня грунтовых вод от h_1 до h_2, м; для условий Украины принимается 10...15 сут; h_1 - напор между дренами в начале расчетного периода, м; $h_1 = T\text{-}u$; h_2 - напор в конце расчетного периода, м; $h_2 = T\text{-}H_{пос}$; T - глубина заложения дрен, м; u - глубина стояния уровня грунтовых вод в начале расчетного периода (составляет 0… 0,1 м); $H_{пос}$ - норма осушения на посевной период, м; α - коэффициент, учитывающий кривизну депрессионной поверхности, для закрытых дрен принимается 0,8...1,0 и для открытых осушителей - 1,1...1,3; N - осадки за расчетный период, м, принимаются для пашни и пастбищ 10%-ной и для сенокосов 20%- ной обеспеченности; e - испарение за этот же период, м; β - коэффициент водоотдачи грунта, который устанавливают опытным путем или вычисляют:

для торфяных почв - по формуле А. И. Ивицкого

$$\beta = 0{,}116\, k^{3/8} (H_{пос} - u)^{3/4}; \qquad (2.8)$$

для минеральных грунтов - По формуле Г. Д. Эркина

$$\beta = 0{,}056\, k^{1/2} (H_{пос} - u)^{1/3}. \qquad (2.9)$$

В последнее время расстояние между дренами определяют по формулам, первоначально выведенным для условий установившегося режима движения грунтовых вод, но приспособленным и для условий неустановившейся фильтрации

$$E = 2h_{ср}\sqrt{\frac{k}{p_{ср}}}, \qquad (2.10)$$

где $h_{ср}$ - средний за расчетный период напор, м; $p_{ср}$ - средний за расчетный период приток к дренам, м/сут.

$$h_{ср} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{T - u + T - H_{пос}}{2} = T - \frac{u + H_{пос}}{2}, \qquad (2.11)$$

$$p_{ср}=h_р/t_р, \tag{2.12}$$

где $h_р$ - количество воды, подлежащее отводу дренажем за расчетный период $t_р$, м,

$$h_р=h_п+\beta(H_{пос}-u)+N-e, \tag{2.13}$$

где $h_п$ - слой воды, оставшийся на поверхности земли к началу расчетного периода; обычно к началу предпосевного периода отводятся почти все поверхностные воды, но часть их может задерживаться в микропонижениях, поэтому рекомендуют принимать $h_п$= 0,01... 0,02 м; $\beta(H_{пос}- u)$ - количество отводимых почвенно-грунтовых вод (в м) при понижении уровня грунтовых вод от *и* до $H_{пос}$ **для условий грунтово-напорных вод**

$$p_{ср}=h_р/t_р+k_н\cdot I_н, \tag{2.14}$$

где $k_н$ - приведенный коэффициент фильтрации грунтов, залегающих ниже дрены, м/сут.; $I_н$ - градиент восходящего потока грунтовых вод.

Приток воды к дренам $p_{ср}$ (в м/сут.) можно определить через модуль дренажного стока $q_{др}$ (в л/(с-га)) по зависимости

$$p_{ср}=0{,}00864\ q_{др}. \tag{2.15}$$

Приведенные выше формулы определения расстояний между дренами применимы для совершенного дренажа. При большей мощности водопроницаемых грунтов, когда дрены не доводятся до водоупора, расстояние между несовершенными дренами $E_{несов}$ можно найти по формуле В. С. Козлова

$$E_{несов}=E_{сов}\cdot\sqrt{B}, \tag{2.16}$$

где $E_{сов}$ - расстояние между совершенными дренами, м; *В* - коэффициент висячести, определяемый по формуле В. С. Козлова

$$B=1+5{,}5\sqrt{\frac{H_0-T}{H_0}\cdot\frac{r_в}{T}}, \tag{2.17}$$

где H_0 - мощность водоносного горизонта, при подъеме уровня грунтовых вод до поверхности земли, равная мощности водопроницаемого слоя, м; T - глубина заложения дрен, м; $r_в$ - внешний радиус дрены, м.

Для совершенных дрен, лежащих на водоупоре, когда $H_0 = T$, коэффициент висячести B равен 1.

Расстояния между дренами на минеральных почвах Украины на торфяниках приведены в табл. 2.1 и табл. 2.2.

Таблица 2.1 - Оптимальные расстояния между гончарными дренами на минеральных почвах Украины

Содержание частиц почвы диаметром менее 0,05 мм	**Расстояние между дренами при уклоне местности, м**		
	менее 0,005	**0,005...0,03**	**более 0,03**
100...80	10...15	11...14	15...20
80...60	13...15	14...16	20...22
60...40	15...18	16...20	22...27
40...30	18...20	20...22	27...30
30...20	20...23	22...25	30...34
20...10	23.:.25	25...27	34...37
10...00	25...30	27...33	37...45

Таблица 2.2 - Расстояние между дренами на торфяниках

Мощность слоя торфа, м	**Расстояние между дренами, м**			
	на болотах, не содержащих древесный и тростниковый торф		**на болотах, содержащих древесный и тростниковый торф**	
	при степени разложения торфа, %			
	>40	**<40**	**>40**	**<40**
Торфяники, подстилаемые водонепроницаемыми грунтами				
0,6...0,9	20	21...22	23	24...25
0.9...1.2	20	23...24	25	26...27
1,2...1,5	24	25...26	27	28...29
Торфяники, подстилаемые водопроницаемыми грунтами				
0,6...0,9	24	25...26	27	28...29
0,9...1,2	26	27...28	29	30...31
1,2...1,5	28	29...30	31	32...33
1,5 и более	30	31...32	33	34...35

Примечание. *При осушении земель под искусственные сенокосы расстояния увеличивают на 10...20%. при норме осадков более 650 мм/год расстояния уменьшают на 10...20%, а при норме осадков менее 650 мм увеличивают на 10...20%.*

При строительстве закрытого дренажа по способу устройства горизонтальный дренаж делят на траншейный и бестраншейный. В настоящее время основным является траншейный способ строительства.

На рисунках 2.10 и 2.11 приведен способ строительства с помощью многоковшовых экскаваторов ЭТЦ-202, ЭТЦ-202А и других агрегатов, а также очередность земляных работ.

Сначала отрывают траншею шириной 0,5 м, на дно укладывают трубки или другие дренажные материалы, устраивают фильтр и засыпают траншею вынутым грунтом.

Не допускается укладка труб в траншею с водой или с разжиженным грунтом во избежание закупорки фильтров и дрен илистыми частицами грунта. Траншейный дренаж устраивают из гончарных и пластмассовых труб, а также из местных материалов (рис. 2.12[1]). Для крупных закрытых коллекторов (диаметром 200 мм и более) применяют асбестоцементные и железобетонные трубы.

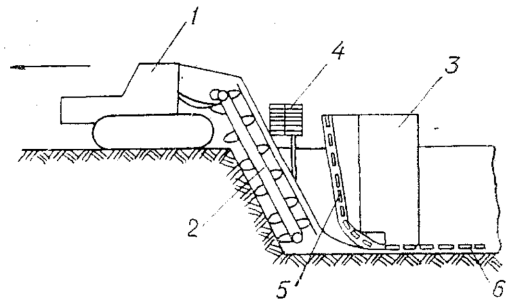


Рис. 2.10 - Устройство гончарного дренажа:
1- трактор; 2 - землеройный рабочий орган; 3 - бункер; 4 - кассета с трубами; 5 - желоб для подачи труб; 6 - гончарная дрена

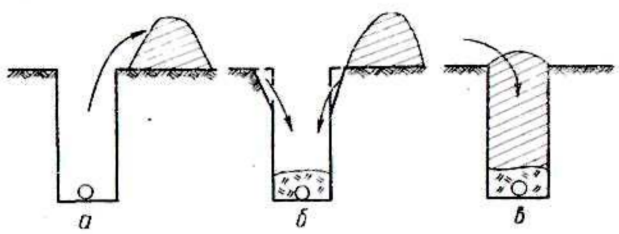


Рис. 2.11 - Очередность земляных работ по устройству закрытого дренажа:
а - отрывка траншеи; б - присыпка трубок гумусовым слоем; в - окончательная засыпка вынутым грунтом

Гончарный дренаж применяют при осушении минеральных грунтов, мелкозалежалых торфяников (мощностью до 1,2 м), когда дрены размещают в подстилающих минеральных грунтах, а также на мощных торфяниках после предварительного осушения их открытыми каналами. В последнем случае на мощных торфяниках гончарные трубки укладывают на стеллажи.

Гончарные трубки изготовляют стандартных размеров, диаметром 50...250 мм и длиной 33 см. Толщина стенок 11 ... 25 мм, масса трубок 1...12,5 кг. Снаружи трубки выполняют круглыми или многогранными. На рис. 2.12[1] приведены варианты исполнения дренажных труб.

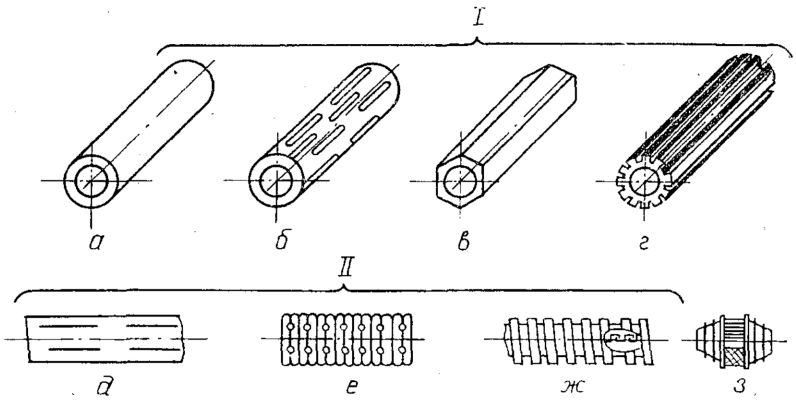


Рис. 2.12[1] - Дренажные трубы:
I - гончарные трубы; II - пластмассовые трубы; а и в - цилиндрические и граненые; б - перфорированные; г - рифленая; д - гладкостенная с продольными щелями; е - гофрированная с круглыми перфорациями; ж - витая; з - пластмассовая соединительная муфта

Гончарные трубки должны быть прочными и иметь правильную форму, перекос плоскости торца трубки относительно горизонтальной оси не должен превышать 3...8 мм.

Трубки укладывают впритык одна к другой, причем образующиеся между ними зазоры не должны превышать 1...2 мм, для чего трубки в траншее подгоняют вручную. Качество укладки трубок проверяют опытным путем - дренаж считается хорошо уложенным, если поднятие одной трубки влечет за собой поднятие за счет сил сцепления 3-5-ти соседних.

Фильтрационная вода в обычные гончарные дрены поступает через зазоры между трубками, площадь которых на 1 м составляет 5...10 см^2.

В последние годы гончарные трубки стали соединять с помощью пластмассовых фильтрующих муфт, при этом исключается ручная подгонка трубок в траншее.

Устья гончарных дрен выводят обычно в закрытые коллекторы, реже - в открытые каналы. Сопряжение дрен с закрытыми коллекторами выполняют внахлестку или впритык (рис. 2.12[2]), иногда с помощью керамических или пластмассовых фасонных частей. Концы дрен закрывают заглушками или камнями.

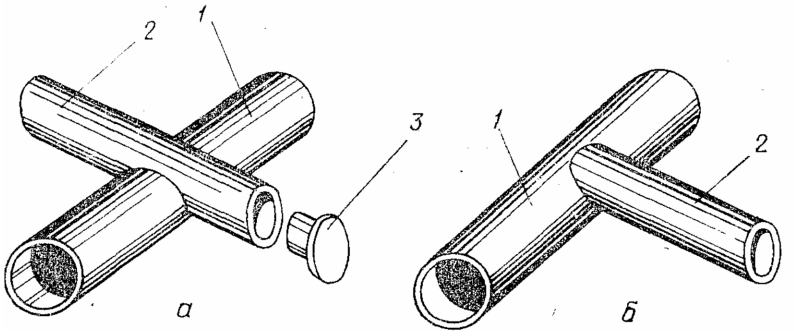


Рис. 2.12[2] - Способы соединения дрен с коллекторами:
а - внахлестку; б - впритык; 1 - труба коллектора; 2 - труба дрены; 3 - заглушка

Пластмассовый дренаж применяют в минеральных и торфяных грунтах при содержании в них растворенного железа не более 5 мг/л. Пластмассовые трубы изготовляют из поливинилхлорида (ПВХ) или полиэтилена высокой плотности (ПВП) диаметром 50...125 мм. Толщина стенок 1...3 мм, масса 1 пог. м труб 0,3...1,0 кг. Трубы выпускают цельными гладкостенными или гофрированными с продольными или круглыми перфорациями (отверстиями) для приема воды, а также витыми, имеющими значительно большие водоприемные отверстия.

Преимущества пластмассовых труб: легки, эластичны и прочны, обеспечивают большую водоприемную способность дрен (перфорация суммарной площадью 12… 30 см^2 на 1 м длины трубы - по данному показателю они приближаются к идеальным дренам).

Недостатки пластмассовых труб: под действием ультрафиолетовых лучей и мороза могут быстро стареть и терять прочность.

Пластмассовые трубы поставляют в бухтах длиной 100... 200 м. На заводе или полигоне их обворачивают защитно-фильтрующими материалами. Укладка их в траншеи производится приспособленным для этого дреноукладчиком ЭТЦ-202А.

В последние годы все большее применение находит бестраншейный способ укладки пластмассовых труб с помощью дрено-укладчика МД-4 (рис. 2.13).

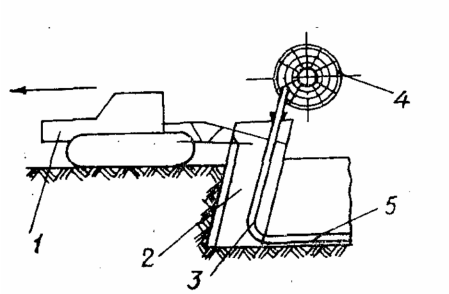


Рис. 2.13 - Устройство пластмассового дренажа:
1 - трактор; 2 - пустотелый нож для нарезания щели; 3 - направляющий желоб; 4 - барабан для пластмассовых труб; 5 - пластмассовая труба

Дрено-укладчик продавливает в грунте щель шириной 20 см и обеспечивает укладку пластмассовых труб диаметром 50...90 мм на глубину до 180 см. При укладке дренажа в тяжелых грунтах на глубину более 140 см используют дополнительно тягач МД-5.

Бестраншейный способ строительства дренажа позволяет значительно повысить производительность труда, снизить стоимость строительства, сохранить растительный слой почвы. Но при выдавливании щели водопроницаемость грунтов у дрены уменьшается, поэтому бестраншейный способ строительства пластмассового дренажа можно применять в торфяных и минеральных грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 0,3 м/сут.

К бестраншейным видам относятся также кротовый и щелевой дренажи.

Кротовый дренаж представляет собой полости в грунте, продавливаемые с помощью кротодренажных машин МД-6, КН-1200, Д-657 и др.

Кротовый дренаж представляет собой полости в грунте, продавливаемые с помощью кротодренажных машин МД-6, КН-1200, Д-657 и др. (рис. 2.14).

При движении нож, расположенный в вертикальной плоскости, прорезает в грунте щель, а дренер и расширитель, прикрепленные внизу ножа, продавливают круглые отверстия необходимого диаметра. Кротовые дрены целесообразно применять для осушения беспнистых болот при степени разложения торфа менее 60% и мощности торфяной залежи более 0,8... 1,0 м (т. е. большие глубины заложения дрен).

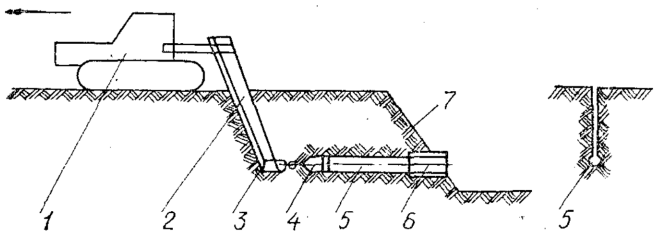


Рис. 2.14 - Устройство кротового дренажа:
1 - трактор; 2 - нож; 3 - дренер; 4 - расширитель; 5 - кротовая дрена; 6 - закрепленное устье дрены; 7 - открытый канал

Эти дрены можно использовать и на минеральных землях, сложенных глинистыми однородными грунтами. Срок службы кротового дренажа на слаборазложившихся торфяных и глинистых минеральных грунтах достигает десяти лет. Диаметр кротовых дрен в минеральных грунтах принимают 60...80 мм. В торфяниках продавливают отверстие диаметром 150...250 мм, которое под действием упругих сил почти сразу сжимается примерно до 100 мм. Уклон дрен в торфяных грунтах принимают не менее 0,0015, длину — до 150...200 м. Кротовые дрены впускают в открытые каналы и их устья закрепляют отрезками гончарных, пластмассовых и других труб. Лучшее время для устройства кротового дренажа - ранняя осень, когда уровни грунтовых вод находятся глубоко и поля освобождены от посевов.

Щелевой дренаж применяют для осушения как пнистых, так и беспнистых болот со степенью разложения торфа менее 50...60%. Этот вид дренажа целесообразен в основном при осушении болот для торфодобычи. Щелевой дренаж лучше отводит поверхностные воды, что особенно важно для районов с суровыми зимами и глубоким промерзанием торфа.

Щелевой дренаж устраивают при помощи дренажно-щелевых машин ТМТ-101 и ДШ-1,4. Режущая цепь этих машин в процессе движения вырезает в торфе щель шириной 5...15 см и глубиной 1,0...1,4 м. За режущей цепью расположены два конусных диска, которые сжимают верхнюю часть щели, закрывая ее на глубину до 50 см.

Диаметры и уклоны дренажных и пластмассовых дрен.

Диаметры дренажных труб зависят от интенсивности притока грунтовых вод и длины дрен. В настоящее время в СНГ и в большинстве европейских стран для регулирующих дрен применяют трубки внутренним диаметром 50 мм. При этом максимальная длина дрен, при которой обеспечивается пропуск поступающих фильтрационных вод, достигает 200 м.

В Великобритании и США регулирующие дрены выполняют из труб диаметром 75...100 мм и более. Тенденция к увеличению диаметров дрен наблюдается и в других странах. В Украине диаметры дрен увеличивают до 75…100 мм только в условиях более интенсивного притока грунтовых вод (при грунтово-напорном питании, для выборочных и ловчих дрен).

Во избежание заиления закрытых дрен минимальная скорость течения воды в них при расчетных расходах допускается 0,2 м/с. Из этого условия минимальный уклон дрен при диаметре 50 мм, принимают i_{min}=0,002. Повышение диаметра дрен до 75...100 мм позволяет снизить минимальный уклон до 0,001. Уменьшение i_{min} имеет большое практическое значение на местности с ровной поверхностью, где устраняется необходимость резкого заглубления закрытых коллекторов и водоприемных каналов.

В условиях, когда поверхность земли равнинная, а грунты достаточно водопроницаемы, в настоящее время проектируют безуклонный дренаж с $i_{др}$=0. Такой дренаж при наличии гидравлического уклона (разности давлений воды в почве и дрене) обеспечивает необходимое понижение уровня грунтовых вод, но может быстро заиливаться и выходить из строя. Его применяют в основном, на пойменных землях, где в грунтовых водах не содержится растворенное железо и опасность заиления дренажа минимальная. При этом безуклонные гончарные

или асбестоцементные дрены проектируют длиной до 600...800 м и подключают с обеих сторон к открытым каналам (рис. 2.15).

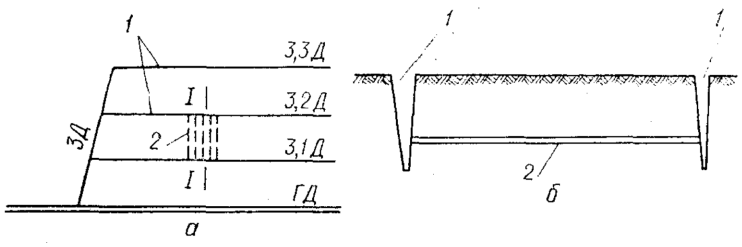


Рис. 2.15 - Схема безуклонного дренажа:
а - план; б -разрез по I-I; 1 - открытые каналы; 2 - закрытые безуклонные дрены

В безуклонном дренаже при недостаточно высоком качестве строительства могут быть изломы трубопроводов с обратными уклонами, в которых возникают воздушные пробки, приводящие к увеличению гидравлических сопротивлений, а иногда и выключению дрен из работы. Увеличение диаметров уменьшает вероятность возникновения воздушных пробок. Поэтому для безуклонных дрен следует увеличивать диаметры до 100...150 мм, а расстояния между дренами принимать 15...30 м.

Открытые каналы

Сеть открытых каналов применяют при осушении: 1) естественных малопродуктивных сенокосов; 2) мелкозалежных торфяников, подстилаемых песчаными водопроницаемыми грунтами; 3) земель в зонах вечной мерзлоты и с глубоким промерзанием их; 4) территорий, в грунтовых водах которых содержится более 20 мг/л закислого железа; 5) при предварительном осушении глубоких торфяников.

Осушение мощных (более 1,5…2,0 м) торфяников следует проектировать в два этапа. Вначале торфяники осушают открытыми каналами. Через один - три года, когда произойдет основная осадка торфа, осушительную сеть переделывают в закрытую.

Открытые каналы для понижения уровня грунтовых вод проектируют трапецеидального сечения с шириной по дну 0,4...0,6 м, глубиной 1,0...1,2 м, заложением откосов m = 1,0...1,5.

Расстояние между открытыми каналами зависит в первую очередь от водопроницаемости грунтов и находится в пределах 60...100 м, реже 150 м. На торфяниках, подстилаемых с глубины 1,0...1,5 м хорошо водопроницаемыми песчаными грунтами, открытые каналы врезают в водопроницаемый грунт на 30...50 см, благодаря чему достигается большой осушительный эффект. Это связано с тем, что песчаный слой будет работать как пластовая дрена, облегчая отвод избыточных вод. В данном случае расстояние между открытыми каналами может быть увеличено до 300...500 м (рис. 2.16).

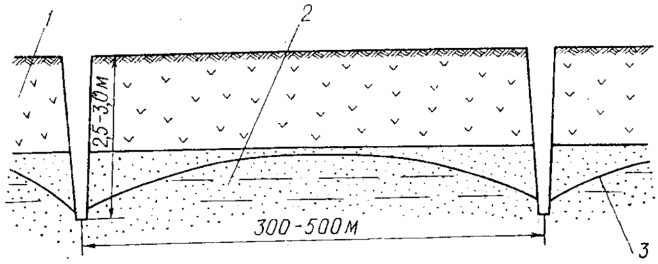


Рис. 2.16 - Схема осушения редкими глубокими каналами:
1 - торф; 2 - песок; 3 - уровень грунтовых вод

Положительный опыт использования редкой сети каналов имеется в Мещерской и Полесской низменностях. *Недостатком* устройства редких и глубоких каналов, кроме перечисленных выше, является возможность переосушения почвы в летнее время.

На *слабоводопроницаемых* минеральных почвогрунтах, тяжелых по механическому составу, выпадающие осадки и талые воды не просачиваются в глубокие горизонты, а застаиваются на поверхности и в пахотном горизонте, создавая временное избыточное увлажнение.

Для борьбы с избыточным увлажнением на *слабоводопроницаемых почвах* проектируют регулирующую сеть по ускорению поверхностного стока. Ускорение отвода поверхностных вод осуществляется за счет сокращения пути добегания воды по поверхности к осушительной сети (открытым собирателям) (рис. 2.17).

Регулирующую сеть по ускорению поверхностного стока делят:

а) по конструкции - открытая, закрытая и комбинированная;

б) по характеру устройства - постоянная и временная;

в) по расположению на местности - систематическая и выборочная.

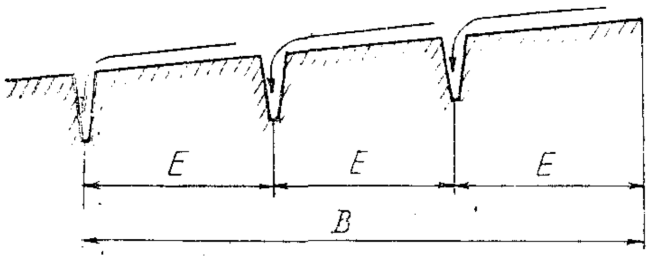


Рис. 2.17 - Схема осушения открытыми собирателями

Основные виды постоянной регулирующей сети следующие: открытые каналы - собиратели, закрытые собиратели, ложбины. К временной регулирующей сети относятся временные каналы, борозды и др.

В естественных условиях без осушительной сети путь движения воды по поверхности земли составляет B и время отвода $t_1 = B/v$. После устройства регулирующей сети на расстояние E друг от друга время отвода снижается до $t_2=E/v$, где v - скорость стекания воды по поверхности, зависящая от шероховатости n и уклона i поверхности земли, а также от слоя движущейся воды h. Скорость движения поверхностных вод определяют по формуле Шези

$$v = C\sqrt{R \cdot i} = C\sqrt{h \cdot i}, \qquad (2.18)$$

где C - скоростной коэффициент (коэффициент Шези); R - гидравлический радиус, при движении воды по поверхности принимают равным слою воды h, i – уклон дна канала (приближенно равен j – гидравлическому уклону):

$$i = \frac{z_1 - z_2}{l} = \sin\Theta, \qquad (2.19)$$

где $z_1 - z_2$ – разность отметок дна канала в двух расчетных сечениях, м;

l – расстояние между расчетными сечениями, м;

Θ – угол наклона дна канала к горизонту.

Расход воды в открытом канале или лотке может быть выражен формулой

$$Q = \omega \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{\omega}{\chi}\right)^z \sqrt{i} \text{ или } Q = \omega \frac{1}{n} \cdot (R)^z \sqrt{i}, \quad (2.20)$$

где n – коэффициент шероховатости, определяемый таблично в зависимости от характеристики русла (канала) (n=0,017-0,04 - для неукрепленных русел; n=0,09-0,03 для русел с искусственным укреплением); - ω и χ – площадь и смоченный периметр канала; - z - коэффициент, определяемый таблично в зависимости от (n) и (R).

Открытые каналы - собиратели - применяют в основном при экстенсивном использовании осушаемых территорий: естественных сенокосов, лесов и др.

Систематическую сеть проектируют в плане только поперек направления стекающих поверхностных вод, под острым углом к горизонталям и на определенных расстояниях E друг от друга (рис. 2.18).

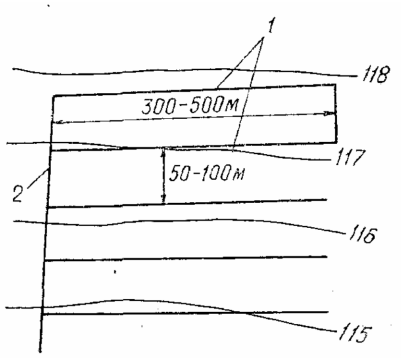


Рис. 2.18 - Расположение в плане открытых собирателей:
1 - открытые собиратели; 2 - проводящий канал

Расстояние между открытыми собирателями зависит от интенсивности выпадающих осадков, уклонов и шероховатости поверхности земли. Оно должно обеспечивать освобождение поверхности земли и пахотного горизонта за допустимый срок, в течение которого сельскохозяйственные культуры выдерживают переувлажнение (обычно 1… 2 сут. после окончания дождя), т.е. расчет ведется на второй критический период - интенсивных летне-осенних осадков. Практически расстояние между- открытыми собирателями принимают от 50 до 100 м. Выборочную сеть открытых собирателей проектируют по тальве-

гам. Длина *L* открытых собирателей 300...500 м, глубина 0,7…0,9 м. Форма поперечного сечения трапецеидальная, ширина по дну 0,25...0,4 м, коэффициент заложения откосов (m = 1,0…1,5). Открытые собиратели нарезают обычно каналокопателями. Открытые собиратели препятствуют движению сельскохозяйственных машин. Вместо них можно применять ложбины, имеющие более пологие откосы (m = 4…10), что позволяет проход сельскохозяйственных машин. Проектируют их в первую очередь по местным понижениям. Глубина ложбин от 10…20 см в истоке до 40...50 см в устье.

В дополнение к открытой постоянной сети используют временные каналы, предназначенные в первую очередь для отвода избыточных вод из микропонижений. Временную осушительную сеть нарезают осенью и заравнивают весной перед началом посевных работ, она способствует ускорению отвода талых вод.

2.4. Проводящая и оградительная осушительные сети. Расходы воды в каналах и размеры каналов

Проводящая сеть предназначена для приема избыточных поверхностных и почвенно-грунтовых вод из регулирующей и оградительной сетей и своевременного отвода их в водоприемник.

В состав проводящей сети входят магистральные каналы и их ветви, транспортирующие собиратели, открытые и закрытые коллекторы.

Открытые проводящие каналы отчасти принимают избыточные воды и непосредственно с осушаемой территории. Однако большая часть воды поступает в проводящую сеть, через регулирующую и оградительную сети. Только в некоторых случаях (например, узкие поймы или болота с мощностью торфа до 1,5 м, подстилаемые хорошо водопроницаемыми песками) более глубокие открытые проводящие каналы могут понижать грунтовые воды на необходимую глубину без устройства дополнительной регулирующей сети.

Крупную проводящую сеть выполняют открытой, а более мелкую - или закрытой (на участках гончарного дренажа), или открытой (на мощных торфяниках, осушаемых кротовым дренажем).

Магистральный канал соединяет осушительную систему с водоприемником и является наиболее ответственной частью проводящей сети. При проектировании его в плане необходимо соблюдать следующие правила.

1. Магистральный канал должен принимать воду с любого участка осушаемой территории. Поэтому его прокладывают по наиболее низким отметкам осушаемой площади и по тальвегам. На болотах с мощными торфяниками магистральный канал проектируют преимущественно по местам с наибольшей глубиной торфа с тем, чтобы после осадки торфа его трасса проходила по наиболее низким участкам «будущего рельефах болота.

2. Магистральный канал должен иметь по возможности наименьшую длину. Для этого его трассу намечают: по направлению наибольших уклонов поверхности земли.

3. Если посередине осушаемой территории протекает река, магистральный канал проектируют по руслу. При наличии извилистых участков намечают спрямление их с целью уменьшения длины магистрального канала и создания сравнительно выравненных осушаемых участков.

4. Магистральный канал должен быть устойчивым против размыва и заиления. Этому требованию отвечает трассировка канала по наиболее устойчивым грунтам и в направлении течения паводковых вод. По тем же соображениям магистральный канал стараются проводить по возможности целиком в торфяном грунте, обходя встречающиеся на пути канала песчаные бугры и заиленные озера.

5. Магистральный канал должен впадать в водоприемник в том месте, где имеются прочные и прямолинейные берега, а также достаточная пропускная способность русла.

6. При проектировании трассы магистрального канала необходимо учитывать размещение на данной территории населенных пунктов, границ земле-

пользователей и угодий, дорог и лесонасаждений.

Боковые проводящие каналы - каналы второго и третьего порядков (так называемые транспортирующие собиратели и открытые коллекторы), - проектируют в плане также по понижениям местности, по границам хозяйств и полей севооборота, вдоль дорог и лесных полос.

Расстояние между проводящими каналами определяется схемами размещения на осушаемой территории закрытой осушительной сети. Для создания условий, позволяющих применять и производительно использовать современные сельскохозяйственные машины, расстояние между открытыми каналами должно быть не *менее* 200...300 м. При меньших расстояниях повышаются потери земли под разворотные полосы, увеличиваются холостые перегоны тракторов и в целом снижается производительность сельскохозяйственных машин. *Оптимальные расстояния* между открытыми коллекторами 300м ... 400м. Транспортирующие собиратели проектируют через 800м ... 1500м.

Расположение осушительной сети в плане и в вертикальной плоскости также необходимо увязывать с подземными коммуникациями (водо-, газо- и нефтепроводами, кабельными линиями и др.), проходами под мостами железных и шоссейных дорог, с наземными линиями электропередач.

Все каналы в плане должны быть по возможности прямолинейными, с минимальным количеством поворотов. Углы поворотов допускаются в пределах 60° ... 80°. На поворотах каналы закругляются радиусом $r=10B$ - для незакрепленных русел и $r=5B$ - для закрепленных, где B - ширина канала по верху. Для крупных каналов, как и для реководоприемников, радиусы закругления рекомендуют определять по эмпирическим формулам А. Ф. Печкурова.

Сопряжение каналов в плане, лучше при меньших углах между динамическими осями сливающихся потоков. На практике сопряжение в плане небольших боковых каналов между собой и с крупными каналами производят под прямым углом; из условий обработки почвы допускается минимальный угол 60°. Крупные каналы между собой лучше сопрягать под углом 60°, а с водоприемником — под углом 45°.

Проектирование открытой осушительной сети начинают с магистрального канала, руководствуясь перечисленными выше требованиями. Примерно перпендикулярно к магистральному каналу намечают транспортирующие собиратели. Их размещают в первую очередь по боковым притокам и тальвегам. Трассы остальных транспортирующих собирателей проектируют исходя из условия подключения к ним открытых коллекторов. Отдельные открытые коллекторы можно подключать и непосредственно к магистральному каналу (см. рис. 2.1).

Конфигурация создаваемых между осушительными каналами полей должна быть прямоугольной с соотношением сторон 1:2...1:5. Оптимальная площадь осушаемых участков 30... 80 га. Вблизи рек, дорог и лесных полос могут быть осушаемые участки меньшей площади и более сложной конфигурации.

Под магистральные каналы и их ветви отводят полосы, равные ширине канала по верху, и пятиметровые участки для проезда с каждой стороны канала. Вдоль открытых коллекторов, как правило, проезды не предусматривают и принимают полосы отчуждения по 1 м; вдоль транспортирующих собирателей предусматривают с одной стороны полосу 5 м для проезда, а с другой - 1 м без проезда.

Закрытые коллекторы проектируют в первую очередь по тальвегам и другим понижениям местности. При большой длине склонов на них назначают дополнительные коллекторы на расстояниях 200...400 м, обеспечивающие одно- или двухстороннее подключение дрен. Расположение коллекторов определяется также принятой схемой размещения в плане регулирующих дрен (рис. 2.4). При поперечной схеме коллекторы проектируют по наибольшим уклонам поверхности, а при продольной - под углом к горизонталям поверхности с обеспечением их минимального уклона. Сопряжение дрен с коллекторами диаметром более 200 мм следует выполнять посредством вспомогательных коллекторов.

Если по тальвегам и ложбинам наблюдается значительный поверхностный сток (при площади водосбора более 15 га), то трассу коллектора

смещают от оси тальвега на более высокое (10...20 см) место с тем, чтобы не размывалась траншейная засыпка. При больших дренажных расходах и отсутствии труб большого диаметра иногда проектируют по тальвегам два параллельных коллектора с расстояниями 10…15 м.

Гидравлические расчеты выполняют для установления размеров поперечного сечения каналов и проверки скорости движения в них воды. Их производят обычно для магистральных (рассчитываемых) каналов, площадь водосбора которых превышает 5 км^2. Проверку скоростей движения воды производят также и для нерасчетных каналов с меньшей водосборной площадью, если уклоны их превышают 0,0015 - в песчаных, 0,003 - в суглинистых и 0,005 - в глинистых грунтах.

Основными расчетными параметрами при определении размеров каналов являются: Q – **расход воды**; υ – **скорость движения воды**.

Гидравлические расчеты **расхода** и **скорости движения воды** ведут по формулам равномерного движения воды в открытых руслах

$$Q = \omega\upsilon = \omega C\sqrt{Ri}; \tag{2.21}$$

$$\upsilon = C\sqrt{Ri}; \tag{2.22}$$

$$k = Q/\sqrt{i}, \tag{2.23}$$

где v - средняя по живому сечению скорость течения воды, м/с; Q - расход, м^3/с; k - расходная характеристика (или модуль расхода), м^3/с; R - гидравлический радиус; $R = \omega/\chi$, м; ω - площадь живого сечения, м^2; χ - смоченный периметр, м^2; i - проектный уклон канала; C - скоростной коэффициент (или коэффициент Шези), определяемый по формуле Н.Н. Павловского $C = R^Y/n$, где n - коэффициент

шероховатости осушительных каналов, зависит от состояния поверхности откосов и дна русла, обычно принимается в зависимости от расчетных расходов:

при Q>25 м^3/с $n = 0{,}025$;

при Q = 1…25 м^3/с $n = 0{,}030$;

при Q<1 м^3/с $n = 0{,}035$;

y - показатель степени, $y=f(n, R)$ и изменяется в среднем от 1/5 до 1/6.

Расчетные расходы и условия их пропуска по каналам назначают в зависимости от использования осушаемых земель. Например, при сельскохозяйственном использовании осушаемых земель используют посевной или летне-осенне паводковый расчетный расход при 10% расчетной обеспеченности расхода. Для всех видов использования земель используют бытовой или меженный расчетный расход при 50% расчетной обеспеченности расхода.

При использовании осушаемых земель под посев многолетних трав, яровых зерновых, овощных и технических культур размеры поперечного сечения осушительных каналов должны быть такими, чтобы горизонты воды в них при прохождении посевного расхода находились ниже бровки канала не менее чем на 0,7...1,0 м, высокого летне-осеннего расхода - на 0,1...0,2 м, а бытовой (меженный) горизонт воды в канале - на уровне или ниже дна впадающих в него нерасчетных каналов.

В посевной период запас от расчетного горизонта воды до бровки канала должен быть не менее 0,7...1,0 м, поскольку в это время на осушаемой территории между каналами необходимо обеспечивать нормы осушения 0,5...0,6 м. При пропуске летне-осенних паводков допускается работа каналов полным сечением, при этом с учетом неровностей рельефа запас до бровок принимается не менее 0,1...0,2м. При бытовых (меженных) расходах проверяют условия сопряжения каналов в вертикальной плоскости.

Расчетную глубину канала T_p определяют следующим образом:

$$T_{р.2}=h_{вл}+(0{,}1…0{,}2\ м); \quad (2.24)$$

$$T_{р.1}=h_{пос}+(0{,}7…1{,}0\ м); \quad (2.25)$$

$$T_{р.3}=h_{быт}+T_{т.с.}, \quad (2.26)$$

где $T_{т.с}$ - глубина впадающего нерасчетного канала (обычно транспортирующего собирателя) в устье, м; $h_{пос}$, $h_{вл}$, $h_{быт}$ - расчетные глубины наполнения канала при посевном, высоком летне-осеннем и бытовом расходах, м.

Перепад между дном принимающего расчетного и впадающего нерасчетного каналов, кроме того, должен быть не менее 0,3 м, поэтому при $h_{быт}$ <0,3 м необходимая глубина канала

$$T_{р.4}=0{,}3 \text{ м}+T_{т.с}. \tag{2.27}$$

Из вычисленных значений $T_р$ принимают наибольшее.

При использовании осушаемых земель под озимые зерновые поперечное сечение канала должно обеспечивать пропуск паводковых расходов на уровне бровок канала, т.е., $T_р \geq h_{пав}$, где $h_{пав}$ - расчетная глубина воды при паводковых расходах.

Для осушительных нерасчетных каналов, проектируемых в торфяных грунтах по новой трассе, строительную глубину $T_{стр}$ увеличивают по отношению к расчетной на величину осадки $S_к$.

Строительную глубину каналов $T_{стр}$ вычисляют по следующей зависимости

$$T_{стр}=T_р+S_п—S_д=T_р+S_к, \tag{2.28}$$

где $T_р$ - расчетная глубина открытых коллекторов ($T_{о.к}$) или транспортирующих собирателей ($T_{т.с}$), м; $S_п$ - осадка поверхности болота за период осушения, м; $S_д$ - осадка дна канала за тот же период, м; $S_к$ - уменьшение глубины канала в процессе осадки торфа, м, $S_к=S_п—S_д$.

Величину $S_к$ для низинных торфяников (в м) можно определять по формуле А.Д. Панадиади

$$S_к = 0{,}18\, kH^{0{,}35}\, T_р^{0{,}64} \cong 0{,}18\, k \sqrt[3]{HT_р^2}, \tag{2.29}$$

где k - коэффициент, зависящий от плотности торфа: для плотных торфяников k=1, для менее плотных - 1,4, для рыхлых - до 1,8; H - средняя по трассе канала мощность торфа, м; $T_р$- расчетная глубина канала, м.

При мощности торфа Н менее глубины канала T_p учитывают $T_р = H$ и S_k=0,18 kH. Обычно глубину **открытых коллекторов** T_p принимают в пределах 1,3... 1,6 м, а **транспортирующих собирателей** 1,5...1,8 м.

Проектные уклоны нерасчетных каналов обычно принимают равными среднему уклону поверхности земли по трассе каналов, но не менее 0,0003.

Кроме глубины к основным размерам каналов относятся **ширина b** и **коэффициент заложения откосов *m*.**.

1. Для осушительных каналов, проектируемых по целине, назначают поперечное сечение **трапецеидальной формы (при ширине $b \leqslant 5$ м)**.

Ширину их по дну *b* (в м) определяют по зависимости

$$b = 1/3Q,, \qquad (2.30)$$

где Q - средний из посевного и высокого летне-осеннего расходов, м^3/с.

Ширина расчетных каналов по дну не должна быть меньшей, чем для соответствующих нерасчетных каналов.

В зависимости от видов грунтов принимают необходимый ***коэффициент заложения откосов m.*** Предварительно назначают проектный уклон канала (его назначают равным среднему уклону поверхности земли по трассе канала, но не менее 0,0002). Далее, задаваясь различными глубинами наполнения канала h (от 0,1 м до 2...3 м), вычисляют скорости течения воды v и расходы Q при этих глубинах. По полученным данным строят графики $v = f(h)$ и $Q = f(h)$(рис. 2.19).

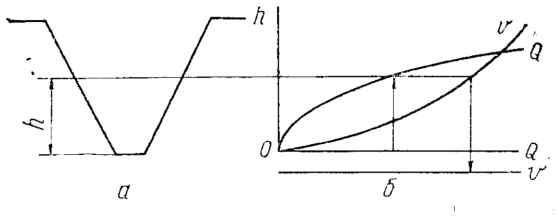


Рис. 2.19 - Поперечное сечение канала (*а*) и графики зависимости $Q=f(h)$ и $v = f(h)$ (*б*)

Из графика $Q = f(h)$ определяют глубины наполнения канала при всех расчетных расходах и определяют необходимую глубину канала (расчетную T_p, а в торфяных грунтах и строительную $T_{стр}$). При принятых глубине канала T и ширине по дну b сечение канала будет приближаться к гидравлически наивыгоднейшему.

В запроектированном канале с помощью графика $v = f(h)$ проверяют скорости течения воды. Если фактические скорости v при максимальных расчетных расходах превышают допустимые, то во избежание размыва предусматривают крепление канала или уменьшают проектные уклоны.

2. Для больших каналов, проектируемых по существующим водотокам, форму поперечного сечения принимают обычно **параболической (при $b>5$м).** Для таких каналов вначале назначают расчетную глубину $T'_р$, принимая ее равной средней глубине существующих русел с углублением перекатов с подчисткой дна на заросших участках. Далее определяют необходимое сечение канала. Если существующие размеры русел недостаточны, то проектируют расширение его (за счет увеличения параметра параболы p или горизонтальной вставки по дну a). При этом сечение канала не будет гидравлически наивыгоднейшим.

3. Если по трассе каналов на небольшой глубине залегают пески, то для усиления их осушительного действия следует увеличивать глубину каналов, врезая их в хорошо водопроницаемые грунты.

4. Если устойчивые грунты подстилаются неустойчивыми (илами, плывунами), проектную глубину каналов лучше уменьшать и не врезаться в неустойчивые грунты. Сечение не будет гидравлически наивыгоднейшим, но устойчивым.

2.5. Конструкции осушительных систем

Основными элементам как для регулирующей, так и для крупной проводящей осушительных систем являются открытые каналы. Конструкция каналов и форма их поперечного сечения должны обеспечивать наибольшую устойчивость и максимальную пропускную способность. Форма поперечного сечения осушительных каналов может быть трапецеидальной или параболической (рис. 2.20).

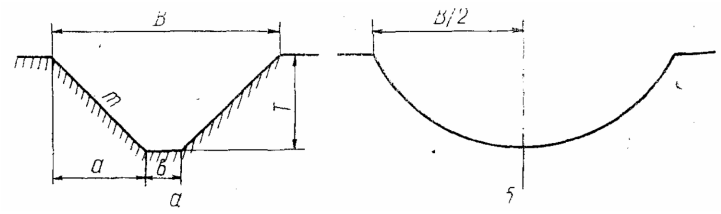


Рис. 2.20 - Поперечное сечение осушительных каналов:
а - трапецеидальной формы; б - параболической формы

Для большинства осушительных каналов принимают более простую и удобную в строительстве и эксплуатации трапецеидальную форму поперечного сечения. Для обеспечения устойчивости каналов их откосы должны быть не круче угла естественного откоса грунта в насыщенном водой состоянии и при естественном сцеплении его частиц. Если запроектировать более крутые откосы, то при насыщении грунта водой может наблюдаться их оплывание в зоне выхода фильтрационного потока или даже оползни. **Допустимые значения коэффициентов заложения откосов *m*** осушительных каналов (определяемые как отношение горизонтального, основания откоса *a* к глубине канала *T*) для различных грунтов приведены в табл. 2.3.

Однако канал трапецеидальной формы имеет неодинаковую устойчивость по глубине - в верхней его части, где грунты более сухие, откосы могут быть более крутыми, а в нижней части канала, особенно в зоне выхода грунтовых вод, устойчивость откосов резко понижается.

Таблица 2.3 - Допустимые коэффициенты заложения откосов

Наименование грунта по трассе канала	**Коэффициенты заложения откосов при строительной глубине канала**		
	до 1,5 м	**1,5...2,0 м**	**более 2,0 м**
Глина, суглинки тяжелые и средние; торф со степенью' разложения до 50 %	1,0	1,5	2,0
Суглинок легкий и супесь, песок крупно и среднезернистый, торф со степенью разложения от 50 до 70%	1,5	2,0	2.5
Песок мелкозернистый, торф со степенью разложения более 70%	2,0	2,0	2,5

Более равноустойчивому поперечному сечению соответствует параболическая форма, при которой коэффициент заложения откосов m увеличивается по глубине и тем больший, чем больше параметр параболы p.

Необходимое значение параметра квадратической параболы p определяют из уравнения

$$p = 2 m_{доп}^2 h_{быт} \qquad (2.31)$$

и принимают по табл. 2.4.

Таблица 2.4 - Допустимые значения параметра (P) параболы для устойчивых сечений

Наименование грунтов	**Параметр параболы *p* при расчетной глубине бытовых вод**	
	до 0,5 м	**0,5 ... 1,0 м**
Торфяные грунты при степени разложения более 50%	2,5...4,0	4,5...8,0
Супеси и крупнозернистые пески Мелкозернистые пески	2,5...4,0	4,5...8,0
Иловатые аллювиальные	4,0...6,0	8,0...12,0

Ширина канала параболического сечения

$$(b/2)^2 = 2ph, \qquad (2.32)$$

а фактическое **заложение откосов *m*** на любой глубине

$$m = \sqrt{\frac{p}{2h}} \qquad (2.33)$$

где $m_{доп}$ - допустимый для рассматриваемых грунтов коэффициент заложения откосов; $h_{быт}$ - глубина воды в канале при бытовых, или меженных, расходах, м; b- ширина сечения канала на глубине h, считая от дна, м.

Поперечное сечение **параболической формы** принимают для больших осушительных каналов (**при *b* > 5 м**) и водоприемников, проходящих в слабоустойчивых грунтах.

Основные виды деформаций осушительных каналов: 1) оползание и обрушение откосов в зоне выклинивания фильтрационного потока; 2) размыв откосов паводковыми водами и стекающими атмосферными осадками; 3) подмыв нижней части откосов потоками воды в канале и последующее обрушение грунта; 4) размыв дна каналов на участках со значительными уклонами и отложение взвешенных наносов на нижерасположенных участках; 5) зарастание дна и откосов каналов. В торфяных грунтах основным видом деформаций является уменьшение глубины каналов, связанное с осадкой торфа.

Деформаций русел - оползание и обрушение откосов часто наблюдается в каналах, проходящих в слоистых грунтах, при резком понижении в них уровней воды, что особенно характерно для подводящих каналов к польдерным насосным станциям и для каналов осушительно-увлажнительных систем. При быстром снижении уровней воды в каналах на их откосы резко усиливается давление грунтовых вод (ведь уровни грунтовых вод понижаются гораздо медленнее, чем уровни воды в каналах). В слабоустойчивых грунтах в зоне выхода фильтрационного потока для недопущения выпора грунта у подошвы откосов каналы оборудуют плетневые или дощатые стенки, укладывают на дно каналов пористые железобетонные лотки (рис. 2.21).

Кроме того, такие крепления формируют русла при меженных расходах, не допуская размыва подошвы откосов в песчаных и илистых грунтах. Высота упорных стенок должна превышать бытовой уровень воды на 20...30 см. Эффективным мероприятием по предупреждению обрушения откосов является устройство за бровкой канала разгрузочных дрен, перехватывающих фильтрационный поток и снижающих уровень грунтовых вод (рис. 2.22).

Резкие понижения уровней воды в каналах и такие же деформации могут наблюдаться в процессе строительства каналов. Во избежание этого отрывку осушительных каналов в слабоустойчивых грунтах следует выполнять в несколько этапов.

Размыв откосов и дна каналов наблюдается в основном при прохождении по ним максимальных расходов, при которых скорости течения воды наиболь-

шие. В песчаных и илистых грунтах подошвы откосов могут размываться и при бытовых расходах.

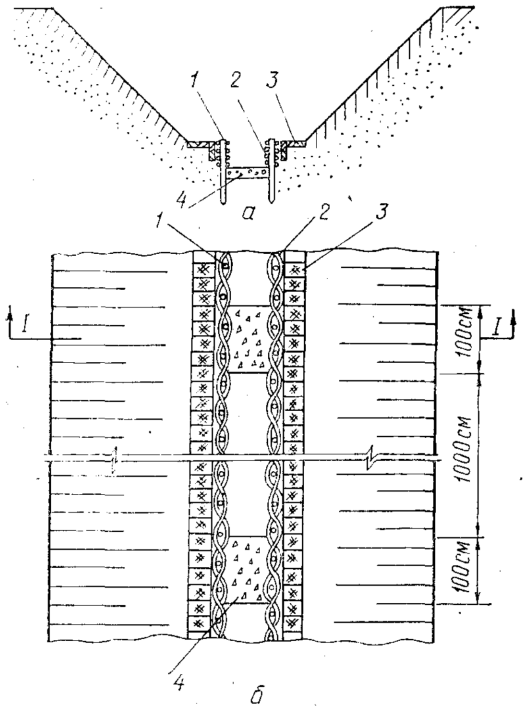


Рис. 2.21 - Крепление канала плетнем с отсыпкой щебнем по дну:
а - сечение I-I; б - план; 1 - колья d - 5...10 см, длиной 80...100 см;2 - плетневая стенка высотой 30...50 см; 3 - дрен; 4 - отсыпка щебнем слоем 10 см

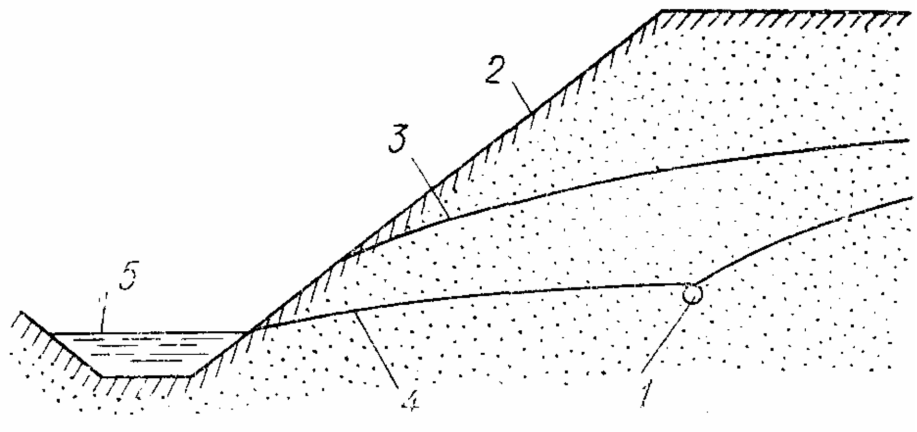


Рис. 2.22 - Схема работы разгрузочной дрены:
1 – разгрузочная дрена; 2 – откос канала; 3- депрессионная кривая до устройства разгрузочной дрены; 4 - депрессионная кривая при наличии разгрузочной дрены; 5- уровень воды в канале

Для предотвращения размыва осушительных каналов необходимо, чтобы средние по живому сечению скорости течения воды в них v не превышали максимально допустимых скоростей на размыв $v_{\max\ разм}$. В земляных незакрепленных руслах максимально допустимые скорости движения воды (при гидравлическом радиусе потока R=1 м) следующие:

- для илов - 0,15...0,30 м/с;
- для песков - 0,4...0,9 м/с;
- для глин - 0,9...1,2 м/с;
- для торфов - хорошо разложившихся - 0,5...0,7 м/с;
- среднеразложившихся - 0,7…1,1 м/с;
- слаборазложившихся - 1,1…1,4 м/с.

При гидравлическом радиусе потока R, не равном 1 м, расчетную допустимую скорость $v_{доп}$ определяют по зависимости

$$v_{доп} = v_{R=1}\sqrt[3]{R}. \qquad (2.34)$$

Проверку максимальных допустимых скоростей течения воды $v_{\max\ разм}$. (решается гидравлическим расчетом) выполняют при максимальных паводковых расходах, а на поймах - при движении воды в русле полным сечением.

Основная мера предупреждения размыва осушительных каналов при проектировании - придание им таких уклонов, при которых бы скорости течения воды в них не превышали максимально допустимых на размыв $v_{max\ разм}$. Максимально допустимые уклоны дна каналов i_{max} определяют по формуле Шези

$$i_{max} = \frac{v^2_{\max\ разм}}{C^2 \cdot R}, \qquad (2.35)$$

где C - скоростной коэффициент при максимальном расходе; R - гидравлический радиус, м.

При уменьшении уклонов осушительных каналов на участках с большими уклонами поверхности земли необходимо устройство сопрягающих сооружений (перепадов или быстротоков).

Другая мера предотвращения размыва каналов - крепление их откосов и дна. Выбор того или иного инженерного решения обосновывается технико-экономическими расчетами.

Крепление откосов осушительных каналов выполняют с помощью залужения (посевом многолетних трав), одерновки, каменной отмостки, наброски в плетневые клетки, пористых железобетонных плит и др. Дно каналов покрывают щебнем или гравием. Допустимые неразмывающие скорости для закрепленных русел следующие: для железобетонных плит - 10...15 м/с; для каменной наброски в плетневых клетках - 3...4 м/с; для каменного мощения - 2,5...3,5; при одерновке и залужении откосов - 1,0...1,5 м/с.

Выбор типа крепления каналов зависит от режима и скоростей течения воды, а также наличия материалов. Залужением и одерновкой крепят откосы каналов периодического наполнения, в которых максимальные скорости незначительно превышают допустимые. При залужении в последние годы начали применять гидросеялки, из которых под давлением подается на откос смесь семян трав, удобрений и растительного грунта. Практика свидетельствует о высокой эффективности такого способа залужения.

Каменную отместку или наброску в плетневых клетках применяют для крепления глубоких каналов, проходящих в слабоустойчивых грунтах.

Крепление каналов железобетонными плитами используют на участках с большими уклонами, на поворотах каналов, около гидротехнических сооружений, при прохождении каналов через населенные пункты. Под плитами устраивают фильтр из песка, щебня или других материалов, что улучшает дренирование откосов и разгружает фильтрационное давление. Покрытие откосов каналов предохраняет их от выветривания и смыва грунта атмосферными осадками.

Распространенными видами деформаций русел являются также их заиление и зарастание. Заиление проявляется в том, что илистые, глинистые, песчаные грунты и аморфный торф откладываются на участках, где скорости потока весьма малы. При этом уменьшаются глубина и осушительное действие каналов.

Для недопущения заиления каналов необходимо, чтобы минимальные скорости течения воды в них (при бытовых или среднелетних расходах) были не менее 0,2 м/с. Во избежание заиления каналов предусматривают также мероприятия по борьбе с водной и ветровой эрозией на осушаемых землях.

При скоростях течения воды менее 0,3...0,4 м/с наблюдается зарастание каналов. При зарастании значительно увеличивается шероховатость русел, а значит, уменьшается их пропускная способность и повышаются горизонты воды. В осушительных каналах при незначительных среднелетних (бытовых) расходах редко удается создавать скорости течения воды, при которых не будет происходить зарастания. Поэтому основная мера борьбы с зарастанием - удаление растительности путем выкашивания.

В торфяных грунтах основной вид деформаций - осадка торфа, при которой уменьшается глубина каналов и может происходить обрушение откосов. При проектировании трасс осушительных каналов и их строительной глубины следует составлять прогноз изменения поверхности осушаемого болота.

Устойчивость русел каналов обратно пропорциональна их глубине. Поэтому следует по возможности проектировать каналы меньшей глубины.

2.6. Сооружения на осушительных системах

Для обеспечения нормальной работы осушительные системы оборудуют гидротехническими, дорожными, природоохранными, эксплуатационными сооружениями и устройствами.

Сооружения, устраиваемые на открытых осушительных каналах, по назначению делят на пять групп:

1) регулирующие - предназначены для регулирования уровней и в отдельных случаях расходов воды в каналах; применяются на осушительно-увлажнительных системах и осушительных системах с предупредительным шлюзованием; к ним относятся различного типа шлюзы-регуляторы;

2) переездные, или дорожные, - обеспечивают переезд через каналы и реки; к ним относятся мосты, трубчатые переезды и пешеходные мостики;

3) сопрягающие - предназначены для сопряжения на различных уровнях двух участков каналов, к ним относятся перепады и быстротоки;

4) природоохранные - применяют для охраны животного и растительного мира, рекреационных и других целей; к ним относятся водопои, отстойники, мосты-переходы для диких животных, охранные зоны на водотоках и пр.;

5) эксплуатационные - обеспечивающие контроль и управление водным режимом почвогрунтов на системе; к ним относятся: гидромелиоративные створы с наблюдательными скважинами, гидрометрические посты, водомеры, средства связи и управления.

Сооружения различного назначения следует по возможности совмещать (например, шлюзы-регуляторы с переездами, перепадами и пр.).

Русловые шлюзы на магистральных каналах проектируют в створах, имеющих наилучшие условия командования для подачи воды в осушительную и увлажнительную сеть. На осушительных системах с предупредительным шлюзованием русловые шлюзы создают подпор воды в каналах, расположенных выше шлюзов; их располагают на таких расстояниях L, чтобы разница горизонтов воды $\Delta \cdot h$ в нижнем и верхнем бьефах шлюзов не превышала 40...60 см:

$$L = \Delta h / i, \tag{2.36}$$

где i - уклон канала.

На осушительно-увлажнительных системах шлюзы-регуляторы предназначены в основном для создания командования над нижерасположенной территорией; их проектируют в местах подачи воды в увлажнительные каналы, на расстоянии 5...8 км.

На боковых каналах шлюзы-регуляторы необходимо располагать из расчета создания в каналах горизонтов (30...60 см от бровки), обеспечивающих подачу воды в корнеобитаемый слой почвы. При этом на транспортирующих собирателях и открытых коллекторах проектируют, как правило, по два шлюза-

регулятора - один в устье для создания подпора воды, другой - водо-выпуск в верховье канала. При наличии большого уклона канала может быть предусмотрено и промежуточное подпорное сооружение.

Подпорные шлюзы на крупных магистральных каналах устраивают открытыми, индивидуальной конструкции с клапанными, сегментными или другими затворами. Отверстия этих сооружений двух-, трех- или многоочковые. На небольших каналах применяют типовые одно - или двухочковые шлюзы-регуляторы из сборных железобетонных труб диаметром 80см … 150 см с плоскими металлическими затворами (рис. 2.23).

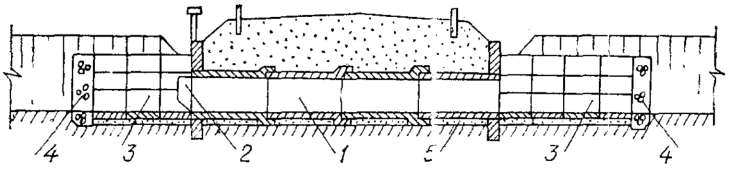


Рис. 2.23 - Шлюз-регулятор с переездом на осушительном канале:

1 - сборная железобетонная труба; 2 - коробчатый затвор; 3 - плиты крепления; 4 - гравийная или щебеночная отсыпка; 5 - щебеночная подготовка

Для переезда через реки-водоприемники и крупные осушительные каналы (с расходами более 10 $м^3/с$) строят мосты, на небольших каналах - трубчатые переезды. В зонах населенных пунктов и отдыха людей на каналах устраивают пешеходные мостики.

Крупные гидротехнические сооружения проектируют незатопляемыми, и их отверстия рассчитывают на максимальные паводковые расходы обеспеченностью 1% … 10% (в зависимости от класса сооружений). Небольшие шлюзы-регуляторы на магистральных каналах и боковой сети, расположенные на пойменных землях, могут затапливаться во время половодий; их отверстия рассчитывают на расходы, соответствующее пропускной способности канала.

На закрытых дренажных системах устраивают устьевые сооружения и колодцы (рис. 2.24).

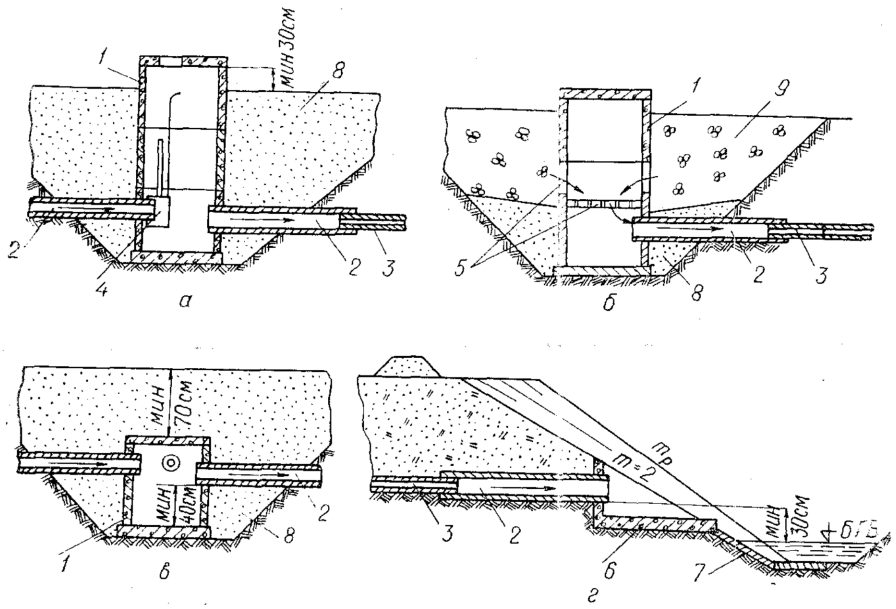


Рис. 2.24 - Сооружения на дренажной сети:
а - колодец-регулятор открытый; б - колодец-поглотитель; в - колодец соединительный потайной; г - дренажное устье; 1 - сборные железобетонные блоки колодца; 2 - асбестоцементная труба l= 200 см; 3 - гончарные трубы; 4 - регулятор уровня; 5 - водоприемные решетки; 6 - оголовок устья; 7 - плиты крепления; 8 - засыпка вынутым грунтом; 9 - гравийная засыпка

Устья применяют для сопряжения закрытых коллекторов с открытыми каналами; они включают в себя концевую часть дренажного коллектора длиной 1,5…2,0 м, усиленную обычно асбестоцементной трубой, и закрепленный участок откоса канала в месте выхода коллектора.

Во избежание подпоров воды и заиления дно дренажных коллекторов должно быть расположено выше дна канала не менее чем на 0,3...0,5 м и выше бытовых горизонтов воды не менее чем на 0,1 м.

Колодцы на дренажной сети по назначению делят на пять типов:

1) соединительные - устраивают в узлах соединения нескольких коллекторов или в местах резких поворотов их в плане;

2) регуляторы - применяют на осушительно-увлажнительных системах для создания подпора воды в коллекторах с помощью задвижек; проектируют обычно в низовьях коллекторов;

3) поглотители - используют для приема поверхностных вод из замкну-

тых и бессточных понижений, а также из открытых нагорно-ловчих каналов и перевода их в закрытые коллекторы;

4) осадочные - применяют для осаждения взвешенных наносов из дренажных вод, проектируют в местах резкого уменьшения по течению уклонов коллекторов и скоростей движения воды в них;

5) перепады - устраивают на участках с большими уклонами поверхности земли для уменьшения уклонов коллекторов и сопряжения дренажных линий на различных уровнях.

По конструкции колодцы могут быть открытыми или закрытыми. Чаще проектируют открытые колодцы, крышка которых возвышается над землей не менее чем на 0,3 м; такие колодцы легко открывать и прочищать. В закрытых колодцах крышка заглубляется не менее чем на 0,7... 0,8 м от поверхности земли с тем, чтобы они не препятствовали глубокому рыхлению почвы. Эксплуатация таких колодцев сложнее и они реже применяются. На участках, содержащих в почвенно-грунтовых водах закисное железо, во избежание окисления последнего и отложения охры, следует устраивать закрытые колодцы.

Дно колодца заглубляют примерно на 0,4 м жиже подключения дренажных коллекторов, чтобы здесь оседали и накапливались взвешенные наносы. Поэтому колодцы всех типов выполняют и функции отстойников.

Сооружения на открытых каналах и закрытых коллекторах размещают по возможности на прочном основании, при наличии слабого основания (плывунов, илов, торфов и сапропеля) предусматривают песчаные подушки или разгрузочные плиты.

2.7. Увлажнение осушаемых земель

Вследствие несоответствия между количеством поступающей в почву влаги и суммарным недопотреблением, а также из-за неравномерности выпадения осадков на осушаемых землях Украины и Белоруссии наблюдаются засуш-

ливые (25%...30%), средние (40%...50%) и влажные (25%...30%) годы. Засушливые вегетационные периоды повторяются через каждые 1-4 года и бывают по 2-4 года подряд. В такие засушливые вегетационные периоды без осадков бывает по 40... 50 дней в зоне Полесья (Ровно) и до 60... 90 дней в зоне Лесостепи (Киев). В случае среднесуточного испарения 4...5 мм в такие периоды наблюдается дефицит почвенной влаги до 150... 200 мм, причем уровни грунтовых вод понижаются до 1,5... 1,8 м. Чрезмерное понижение уровней грунтовых вод и дефицит почвенной влаги приводят к снижению урожаев сельскохозяйственных культур: для влаголюбивых культур и на песчаных грунтах на 50%...60%; для менее влаголюбивых на тяжелых по механическому составу почвах до 20%. Недостаток влаги наблюдается для большинства влаголюбивых культур и в более северных районах (страны Прибалтики и Нечерноземная зона России).

Потребность в увлажнении усиливается также и потому, что торфяные и песчаные грунты имеют небольшую (до 50...70 см) высоту капиллярного поднятия воды и малые запасы продуктивной влаги. На торфяных почвах, например, в засушливые периоды уже при залегании уровня грунтовых вод на глубине 100 см в корнеобитаемом слое (0см...30см) наблюдается пересыхание.

Поэтому современные мелиоративные системы следует проектировать по возможности с двухсторонним регулированием водного режима почвогрунтов, обеспечивающим как отвод избыточных вод во влажные периоды, так и увлажнение почв в засушливые. Осушительно-увлажнительные системы на болотных массивах необходимы и для борьбы с пожарами. Опыт двухстороннего регулирования водного режима почв в условиях Украины, Белоруссии, Прибалтики, Нечерноземной зоны России, а также ряда зарубежных стран свидетельствует, что увлажнение в засушливые периоды обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур в среднем на 15%...60%.

Дополнительные капитальные вложения на строительство увлажнительных систем повышаются (по сравнению только с осушительными системами) примерно на 200 $/га...300 $/га - при подпочвенном увлажнении и на 500 $/га...1500 $/га - при дождевании.

Применение осушительно-увлажнительных систем эффективно в случае выращивания овощных и технических культур (срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составляет 2-4 года) и на культурных пастбищах (срок окупаемости 5-7 лет). Для зерновых культур срок окупаемости достигает 15-25 лет и увлажнение себя не оправдывает, так как нормативный срок окупаемости порядка 10 лет.

В настоящее время осушительно-увлажнительные системы построены в СНГ на площади 1,9 млн. га, в том числе на Украине на 1 млн. га. В перспективе на Украине осушительно-увлажнительные системы могут быть построены на 16% всех земель, требующих осушения.

Способы увлажнения осушаемых земель по характеру поступления воды в корнеобитаемый слой почвы: *подпочвенное* увлажнение; *дождевание*; *поверхностное* орошение.

При подпочвенном увлажнении вода поступает в почвогрунты путем фильтрации из открытых каналов или закрытых дрен, в которых *создаются подпоры воды с помощью шлюзов* или колодцев-регуляторов (рис.2.25).

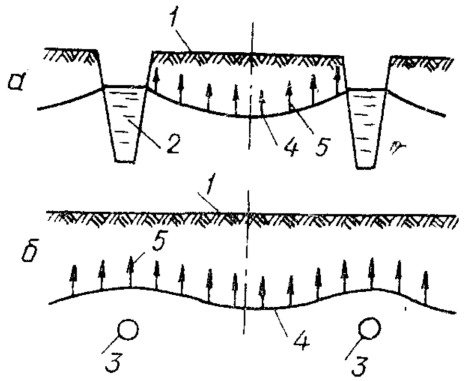


Рис. 2.25 - Схемы подпочвенного увлажнения:
а - при фильтрации воды из каналов; б - при закрытых дренах; 1 - поверхность почвы; 2 - канал; 3 - дрена; 4 - депрессионная поверхность грунтовых вод; 5 - капиллярное подпитывание почвы от грунтовых вод

Этот способ увлажнения часто называют **шлюзованием**.

Подпочвенное увлажнение можно осуществлять путем *длительного* (в течение всего засушливого периода) *подпора* уровней грунтовых вод или *циклических подпоров* и сбросов уровней грунтовых вод.

При *длительном подпоре* уровни грунтовых вод нужно поддерживать на глубине 50...60 см от поверхности, чтобы капиллярное подпитывание в корнеобитаемый слой от грунтовых вод компенсировало потери воды на испарение. Но такие глубины стояния грунтовых вод меньше норм осушения и, следовательно, корнеобитаемый слой почвы будет несколько переувлажнен. Поэтому длительные подпоры применяют ограниченно.

Наиболее эффективным является *циклическое увлажнение*, при котором обеспечивается кратковременное почти полное насыщение корнеобитаемого слоя почвы за счет подъема уровня грунтовых вод до глубины 40...50 см от поверхности земли и капиллярного увлажнения верхнего слоя. После этого вода из каналов и дрен сбрасывается, и уровень грунтовых вод понижается до требуемых норм.

Подпочвенное увлажнение применяют на участках со спокойным микрорельефом и небольшими уклонами местности ($i \leqslant 0{,}005$), а также при наличии достаточно водопроницаемых почвогрунтов (с коэффициентом фильтрации $k \geqslant 0{,}5$ м/сут). Наиболее эффективно подпочвенное увлажнение на пойменных землях с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод и при наличии интенсивного грунтового питания. Однако при подпочвенном увлажнении наблюдается неравномерность и неоперативность увлажнения: вблизи каналов и на пониженных участках грунты увлажняются лучше, а в верховьях каналов и дрен, а также на повышенных участках - хуже. Система подпочвенного увлажнения обладает большой инерционностью.

Вблизи каналов зона увлажнения распространяется обычно на 30... 50 м в обе стороны. Поэтому увлажнение из открытых каналов можно применять при небольших расстояниях между ними (до 100... 150 м). Такое увлажнение эффективно на узких пойменных участках, а также на маломощных торфяниках, подстилаемых хорошо проницаемыми песками.

В большинстве случаев эффективное подпочвенное увлажнение может быть обеспечено с помощью закрытого гончарного, пластмассового или кротового дренажа. В кротовые дрены вода при увлажнении поступает из открытых каналов и движется по ним от устья к истоку против уклона. При этом кротовые дрены могут располагаться по продольной и поперечной схемам. Попе-

речную схему чаще применяют при больших уклонах поверхности (i = 0,005...0,03), а продольную - при малых ($i \leqslant 0{,}005$) (рис. 2.26).

При увлажнении гончарным или пластмассовым дренажем можно использовать такие же схемы, как и для кротового. Но эффективнее система, в которой вода подается в верховья дрен через вспомогательные увлажнительные коллекторы (рис. 2.27 и 2.28).

При этом в устьевой части осушительных коллекторов и верховье увлажнительных проектируют колодцы с регуляторами уровня ручного или автоматизированного действия.

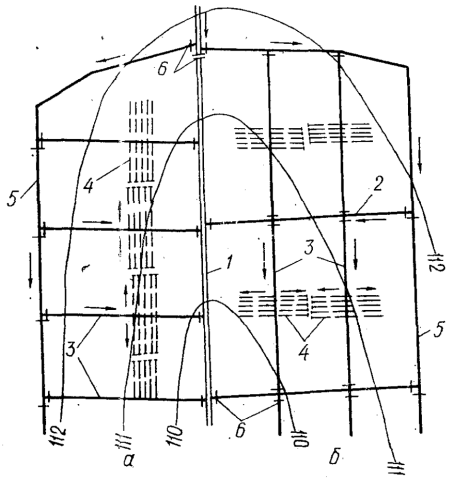


Рис. 2.26 - Схемы увлажнения по кротовым дренам:
а - поперечная; б - продольная; 1 - магистральный канал; 2 - транспортирующие собиратели; 3 - открытые коллекторы; 4 – кротовые дрены; 5 - нагорно-ловчие каналы; 6 - шлюзы-регуляторы

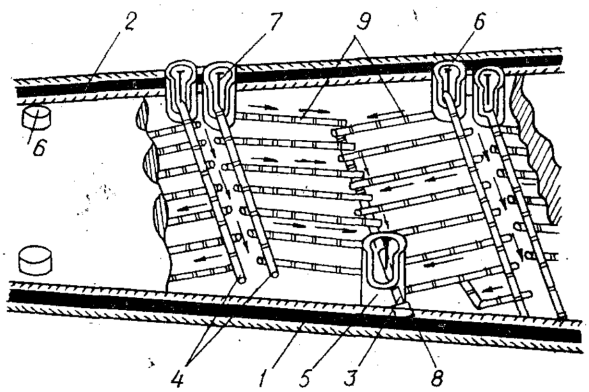


Рис. 2.27 - Схема планово-вертикальной увязки элементов сети с подпочвенным увлажнением:
1 - осушительный канал; 2 - увлажнительный канал; 3 - осушительный коллектор; 4 - увлажнительный коллектор; 5, 6 - регулирующие колодцы;
7 - регулятор уровня грунтовых вод; 8 - устьевое сооружение; 9 - регулирующие дрены

При такой схеме обеспечиваются примерно одинаковые напоры воды и, следовательно, более равномерное увлажнение как в верховье, так и в устьевой части дренажной системы. Дренажные линии здесь почти не будут заиливаться, так как и в режиме осушения и в режиме увлажнения вода движется по уклону дрен и коллекторов.

Для эффективного проведения подпочвенного увлажнения требуются определенные напоры воды в дренажных линиях: при подаче воды через устья дренажных коллекторов против их уклона - 0,7...1,0 м, при подаче воды в верховье дрен - 0,5... 0,7 м.

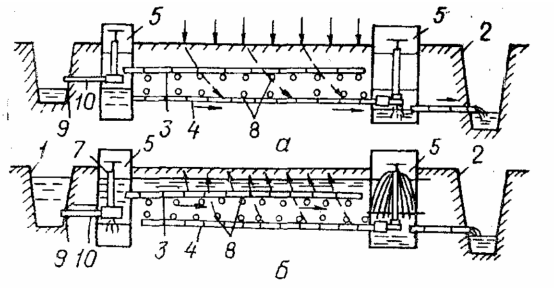


Рис. 2.28 - Схема работы осушительно-увлажнительной сети:

а - при осушении; б - при увлажнении; 1 - увлажнительный канал; 2 - осушительный канал; 3 - увлажнительный коллектор; 4 - осушительный коллектор; 5 - регулирующий колодец на увлажнительном коллекторе; 6 - регулирующий колодец на осушительном коллекторе; 7 - регулятор уровня; 8 – дрены-увлажнители; 9 - мусорозадерживающая решетка

В системах подпочвенного увлажнения большинство осушительных элементов (каналов, дрен) используют также для увлажнения, дополнительно проектируют только шлюзы, отдельные увлажнительные каналы, коллекторы и водохранилища. Такие системы более экономичны, их называют системами совмещенного типа. Общая схема такой системы показана на рис. 2.2. На такой системе в верховье магистрального канала проектируют шлюз, из верхнего бьефа которого вода самотеком или с механическим подъемом подается в нагорно-ловчие каналы, командующие над осушаемой территорией. Из нагорно-ловчих каналов вода самотеком распределяется шлюзами по транспортирующим собирателям и открытым коллекторам, откуда под напором поступает в закрытые дрены. В такой схеме открытые коллекторы доводят-

ся в верховье до следующих транспортирующих собирателей. При этом шлюзы-регуляторы проектируют в верховьях и устьях открытых каналов.

Наиболее совершенный способ увлажнения сельскохозяйственных культур - **дождевание**. При дождевании вода в виде мелких капель разбрызгивается над поверхностью земли с помощью дождевальных машин «Фрегат», «Волжанка», КИ-50 и других, увлажняя воздух, растения и верхний слой почвы, благодаря чему снижаются температура воздуха и испарение влаги растениями и почвой. Дождевание применимо на всех типах почв и при наличии развитого микрорельефа, но в первую очередь там, где нельзя использовать подпочвенное увлажнение. Дождевание очень эффективно на торфяных грунтах, у которых пересыхает в основном верхний (0...30 см) корнеобитаемый слой, и на культурных пастбищах.

Вода в дождевальные машины может подаваться из напорных трубопроводов, но чаще забирается из открытых осушительных каналов и рек водоприемников с помощью стационарных или передвижных насосных установок (рис. 2.29 и 2.30).

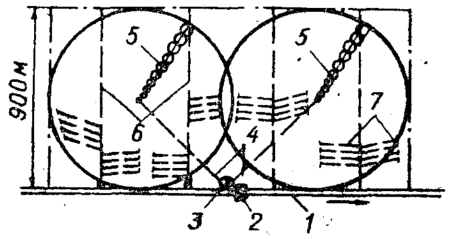


Рис. 2.29 - Осушительно-увлажнительная система машинами «Фрегат»:
1 - магистральный канал; 2 - шлюз-регулятор; 3 - насосная станция; 4 - напорные трубопроводы; 5 - машина «Фрегат»; 6 - дренажные коллекторы; 7 - дрены

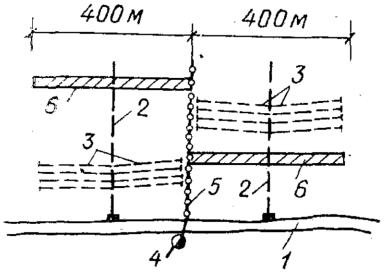


Рис. 2.30 - Осушительно-увлажнительная система с применением ДКШ-64 «Волжанка»:
1 - река-водоприемник; 2 - дренажный коллектор; 3 - дрены-осушители; 4 - насосная станция; 5 - закрытый оросительный трубопровод с гидрантами; 6 - дождевальное крыло

При этом осушительная сеть, как правило, выполняется закрытой. Такие осушительно-увлажнительные системы требуют больших капиталовложений.

Из поверхностных способов орошения на осушаемых землях может быть применен только ***полив затоплением***.

Этот способ увлажнения заключается в кратковременном (до 2...3 сут.) покрытии поверхности земли слоем воды, быстром насыщении почвогрунтов и последующем сбросе излишней воды. Такое затопление выдерживают только многолетние травы после укосов. Поэтому увлажнение затоплением можно применять на пойменных хорошо спланированных землях при использовании их только под многолетние травы. Если территория не спланирована, то после затопления вода будет застаиваться в понижениях.

Увлажнение затоплением применяют в Польше и ряде стран Западной Европы. В СНГ такой способ увлажнения не получил распространения.

Режим подпочвенного увлажнения

При подпочвенном увлажнении путем поддержания уровня грунтовых вод на заданной глубине (длительные подпоры) в дренажную сеть необходимо непрерывно подавать такое количество воды, которое компенсировало бы потери ее на испарение с поверхности почвы. Гидромодуль увлажнения $q_{ув}$ (в л/(с·га)) должен составлять:

$$q_{ув} = 0{,}116\, e, \tag{2.37}$$

где e — испарение влаги, мм/сут.

При циклическом увлажнении вода в почву подается порциями - поливными нормами, зависящими от исходного положения уровня грунтовых вод, допустимой величины ее подъема и водовместимой способности почвы. Например, на Ирпенской осушительно-увлажнительной системе в Киевской области при подъеме уровня грунтовых вод с глубины 100... 120 до 50 .. . 60 см поливные нормы составляют 400. .. 600 м^3/га, или по 12 м^3 на 1 см подъема. Для условий Полесья Украины поливные нормы, полученные в опытно-производственных условиях Ровенской области, приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5 - Элементы режима увлажнения осушаемых земель в условиях Полесья Украины для года 75%-ной обеспеченности по осадкам

Осушаемые земли	Элементы режима увлажнения					
	при глубине залегания уровня грунтовых вод 1... 1,5 м			при глубине залегания уровня грунтовых вод 0,7...1,3 м		
	поливная норма, м³/га	количество поливов	оросительная норма, м³/га	поливная норма, м³/га	количество поливов	оросительная норма, м³/га
Глубокие торфяники	400...500	3...4	1400...1800	400...500	2...3	1000...1200
Мелкие торфяники	500...600	3...4	1500...2000	400...500	2...3	1000...1200
Минеральные заболоченные почвы	300...400	3...4	1200...1400	200...300	2...3	600...1000

Оптимальная продолжительность цикла увлажнения по кротовым дренам - 3...5 сут, по гончарным и пластмассовым дренам - 5...8 сут. Для проведения эффективного увлажнения в такие сроки расстояния между дренами-увлажнителями, как показывает практика, должны быть на 30… 40% меньшими, чем между дренами-осушителями.

На рис. 2.31 приведена схема к расчету расстояния между дренами при увлажнении земель:

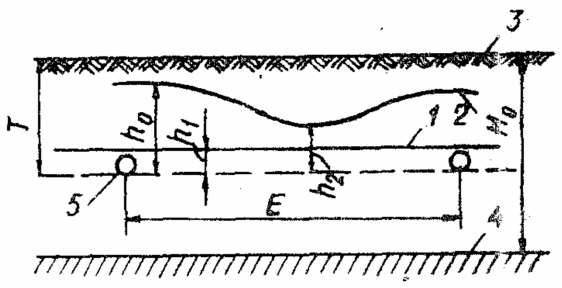


Рис. 2.31 - Схема к расчету расстояния между дренами при увлажнении земель:
1 - положение УГВ до начала увлажнения; 2 - то же после проведения увлажнения; 3 - поверхность земли; 4 - водоупор; 5 - дрена

Необходимое расстояние между дренами-увлажнителями определяют по формуле А. М. Янгеля (рис. 2.31)

$$E = 2\sqrt{\frac{kt_{ув}B(h_0^2 - h_1 h_2)}{\delta(0{,}5h_0 + \mu - h_1)}} \quad (2.38)$$

$$\mu = \frac{h_2^2}{2\sqrt{h_0^2 - h_2^2}} \operatorname{arc\,sh} x \quad (2.39)$$

$$x = \sqrt{\frac{h_0^2}{h_2^2} - 1}, \quad (2.40)$$

где k - коэффициент фильтрации грунта, м/сут; $t_{ув}$ - продолжительность увлажнения, сут.; B - коэффициент висячести; h_0 - подпорный уровень воды над дреной, м; h_1 и h_2 - уровни грунтовых вод посередине между дренами до и после проведения увлажнения, м; δ – недостаток насыщения почвогрунтов; μ - параметр, определяемый по зависимости arcsh x -гиперболическая функция, определяемая по графику (рис. 2.32).

Гидромодуль увлажнения (в л/с-га) ***при циклическом увлажнении*** определяют из условия:

$$q_{ув} = \frac{m_{нт}}{86{,}4\, t_{ув}}, \quad (2.41)$$

где- $q_{ув}$ поливная норма нетто, м^3/га; $t_{ув}$ - продолжительность увлажнения, сут.

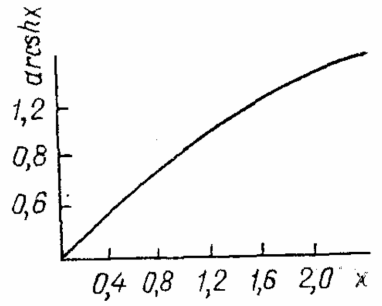


Рис. 2.32 - График зависимости arcsh x от x

Как свидетельствуют данные расчетов, гидромодуль увлажнения в полтора-два раза может превышать расчетный модуль стока. Поэтому в осушительно-увлажнительных системах с гарантированным водоисточником диаметры коллекторов нужно рассчитывать на гидромодуль увлажнения, что приведет к увеличению их диаметров.

Оросительные нормы (или сезонные нормы увлажнения) в сроки проведения увлажнения определяют с помощью водно-балансовых расчетов. Начало увлажнения приурочивают к началу месяца, в котором по расчету получился дефицит почвенной влаги, и корректируют с учетом фаз развития растений.

При подпочвенном увлажнении до 20% воды теряется на фильтрацию из каналов и на холостые сбросы. Поэтому поливные оросительные нормы брутто соответственно увеличивают.

В процессе эксплуатации осушительно-увлажнительных систем режим увлажнения устанавливают для различных по влажности лет, но за расчетный при проектировании принимают режим для года 75%-ной обеспеченности осадками.

В качестве **источников увлажнения** можно использовать собственный сток в каналах и водотоках или внешние (дополнительные) источники воды.

Увлажнение за счет *собственного стока* в каналах и водотоках называют **предупредительным шлюзованием**.

Предупредительное шлюзование эффективно в первой половине вегетационного периода, после дождей (когда еще не опустились грунтовые воды) и целесообразно, если площадь водосбора осушительной системы превышает площадь шлюзования не менее чем в 20...30 раз. В течение всего вегетационного периода предупредительное шлюзование эффективно лишь на отдельных болотах интенсивного грунтово-напорного питания, имеющих величину подземного притока более 1…3 мм/сут. На большинстве осушительных систем в засушливые периоды собственного стока обычно недостаточно и нужны дополнительные источники воды.

В качестве ***внешних водоисточников*** могут быть соседние реки, водохранилища, озера, сточные воды и т. д. Для крупных осушительно-увлажнительных систем основным источником для увлажнения служит речной сток, накопленный в водохранилищах во время половодий и паводков. Так, на Ирпенской осушительно-увлажнительной системе в верховье реки построены водохранилища «Лесное» (объем воды 17 млн. $м^3$) и «Корнинское»

(объем 4 млн. $м^3$), обеспечивающие водой всю систему. На Трубежской осушительно-увлажнительной системе вода на увлажнение забирается из Десны и с помощью насосных станций подается по реке Остер (против ее течения) в верховье реки Трубеж.

Целесообразны **водооборотные системы**, особенно на польдерах, с использованием наливных водохранилищ или других водонакопителей (специальных колодцев и труб). На системах вертикального дренажа источником увлажнения могут служить грунтовые воды.

Однако во многих случаях не представляется возможным иметь в составе системы обеспеченный источник увлажнения из-за отсутствия условий для сооружения плотин и требуемой водности, а также в связи с технико-экономической нецелесообразностью переброски стока из других бассейнов. Именно в таких условиях находится 60... 70% небольших объектов осушения Украины.

Поэтому ***по степени обеспечения водой*** мелиоративные системы могут быть: 1) осушительными с предупредительным шлюзованием, в которых для увлажнения используется собственный сток; 2) осушительно-увлажнительными с гарантированным водоисточником.

2.8. Особенности проведения осушительно-увлажняющих мероприятий в условиях слабопроницаемых грунтов

В Украинском Полесье и других районах осушения широко распространены водно-ледниковые отложения, включающие лессовые породы. Вследствие суффозионно-просадочных процессов на них возникли понижения или блюдца - западины площадью от нескольких квадратных метров до нескольких гектаров. Глубина понижения в них составляет от 0,2...0,3 до 1,5...2,0 м. В Черниговской области, например, такие понижения занимают 15...35% площади.

В замкнутых понижениях аккумулируется сток талых вод и ливневых осадков, вследствие **слабой водопроницаемости почвогрунтов** и слабой **есте-**

ственной дренированности в блюдцах избыточные воды застаиваются на длительное время и затрудняют использование территорий.

Для исключения возможности застоя воды на поверхности земли и обеспечения своевременного отвода ее в осушительную сеть на **слабо водопроницаемых почвогрунтах** разрабатывают мероприятия по организации ***поверхностного стока***.

Такие мероприятия включают:

1. Выравнивание и планировку поверхности земли. Планировка является важнейшим мероприятием по ускорению отвода поверхностных вод на тяжелых почвогрунтах, ведь вода лучше и быстрее течет по поверхности, чем фильтруется через траншейные засыпки.

2. Засыпку небольших по площади (до 0,10 га) и неглубоких (до 30...40 см) понижений, ям и ликвидируемых каналов.

3. «Раскрытие» замкнутых понижений путем вывода избыточных вод из них ложбинами с пологими откосами.

4. Строительство в больших по площади блюдцах - понижениях колодцев-поглотителей.

5. Устройство водоемов-копаней (площадью примерно 12% блюдцев).

Мероприятия по организации поверхностного стока следует выполнять с сохранением и восстановлением гумусового горизонта. Глубина срезки не должна превышать 10...15 см при мощности гумусового горизонта 20 см и 20...25 см при большей ее мощности.

Агромелиоративные мероприятия — специальные приемы обработки почвы, направленные на *ускорение поверхностного стока*; *улучшение водно-физических свойств грунтов* и *увеличение их водопроницаемости*, перераспределение влаги по почвенному профилю.

К мероприятиям первой группы, направленным на ускорение поверхностного стока, относятся узкозагонная вспашка, устройство борозд, гребневание.

Узкозагонную вспашку выполняют вдоль уклона местности загонами шириной по 10...40 м. Между загонами образуются выпуклый профиль поверх-

ности и разъемные борозды на глубину вспашки, которые также способствуют ускорению отвода поверхностных вод в осушительную сеть.

Вместо узкозагонной вспашки можно применять специальные борозды, устроенные как вдоль уклона местности (вместо разъемных борозд), так и поперек уклона (выводные борозды).

На сильнопереувлажненных землях устраивают гребни высотой до 15 см, на которых высевают сельскохозяйственные культуры.

К агромелиоративным мероприятиям второй группы, направленным на улучшение водно-физических свойств грунтов и перераспределение влаги по почвенному профилю, относится глубокое рыхление почв.

Глубокое мелиоративное рыхление (на глубину 0,7...0,8 м) - одно из важнейших составных элементов комплекса мероприятий, направленных на *улучшение структурного состояния, повышение пористости и водопроницаемости почв.* Сочетание глубокого рыхления с внесением на кислых почвах больших доз извести и органических удобрений приводит к образованию мощного структурного водопроницаемого горизонта. Наиболее эффективно *глубокое рыхление* на тяжелых по мехсоставу минеральных почвах, где на глубине 30…40 см или глубже залегает плотный иллювиальный горизонт, препятствующий проникновению влаги в нижние слои почвы. Глубокое рыхление разрушает этот водонепроницаемый горизонт; при этом вода свободно перераспределяется по всему почвенному профилю и лучше поступает в дрены.

Для производства рыхления применяют рыхлители с пассивным (Р-0,6/2,4; РУ-25/65, РН-80Б) или с активным рабочим органом (ВР-80, ВРН-8-3), последние при рыхлении производят и встряску грунта (виброрыхление).

Для перераспределения влаги по почвенному профилю, т. е. перевода избыточной влаги из пахотного слоя в подпахотный горизонт и к закрытым собирателям, применяют кротование. Кротовины, так же как и кротовые дрены, устраивают на устойчивых грунтах. Они представляют собой продавленные в грунте специальными кротователями (например, 5КДМ-2) полости диаметром

40...60 мм. Однако в отличие от кротовых дрен кротовины нарезают на меньшую глубину (0,4...0,5) м) с расстояниями 1,0...1,5 м, они не имеют искусственного уклона и копируют поверхность земли. Эффективность глубокого рыхления и кротования почв прослеживается на протяжении двух—пяти лет. После этого их следует повторять.

Агромелиоративные мероприятия как первой, так и второй группы могут применяться самостоятельно. Но наибольший эффект они дают в сочетании с закрытым дренажем (рис. 2.33).

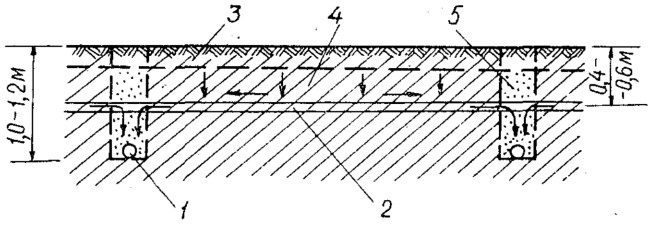


Рис. 2.33 - Комбинированный дренаж:
1 - гончарная дрена; 2 - кротовая дрена; 3 - пахотный слой; 4 - подпахотный слой; 5 - траншейная засыпка

В последнем случае и глубокое рыхление, и кротование следует проводить поперек размещения закрытых материальных дрен, а расстояние между дренами увеличивать на 20...30%.

Особенностью применения защитно-фильтрующих материалов для дрен на **слабо водопроницаемых почвогрунтах** является большее превышение их коэффициента фильтрации в 15-20 раз, чем осушаемых грунтов.

2.9. Управление водным режимом при помощи осушительных и осушительно-увлажнительных систем

Все рассмотренные выше осушительные и осушительно-увлажнительные системы позволяют осуществлять управление водным режимом грунтов. Одним из наиболее эффективных систем является **вертикальный дренаж**.

Вертикальный дренаж - один из новых способов мелиорации, позволяющий оперативно управлять водным режимом почв и экономно расходовать водные ресурсы.

Основной вид вертикального дренажа - вертикальная скважина с откачкой воды из нее насосами. В состав комплекса вертикального дренажа входят: собственно скважина; погружной электронасос; отводящий воду трубопровод или канал; аппаратура для автоматизации управления электронасосом; подводящая линия электропередачи с трансформаторной подстанцией (рис. 2.34).

Вертикальные скважины устраивают из металлических, асбестоцементных или железобетонных труб диаметром 250...800 мм и глубиной 20...60 м. Основная часть скважины представляет собой водоприемную часть обычно с каркасно-стержневым фильтром и песчано-гравийной обсыпкой, повышающей водозахватную способность. Нижняя глухая часть скважины служит отстойником.

В связи со значительной стоимостью вертикального дренажа он эффективен только в том случае, если одна скважина может обеспечить осушение более 20...30 га при радиусе влияния свыше 300 м. Поэтому вертикальный дренаж допускается применять при наличии значительной мощности ($H>25$ м) хорошо водопроницаемых грунтов ($k>5$ м/сут) или при **водопроводимости** ($k \cdot H >150$ м^2/сут.). Сверху эти водопроницаемые грунты могут быть перекрыты суглинками мощностью до 2 м или торфами любой мощности.

К площадям с благоприятными условиями применения вертикального дренажа по геоморфологическим признакам относится первые надпойменные террасы рек Днепр, Десна, Припять и плоские древнеаллювиальные равнины в пределах второй и третьей надпойменных террас с грунтовым и грунтово-напорным водным питанием.

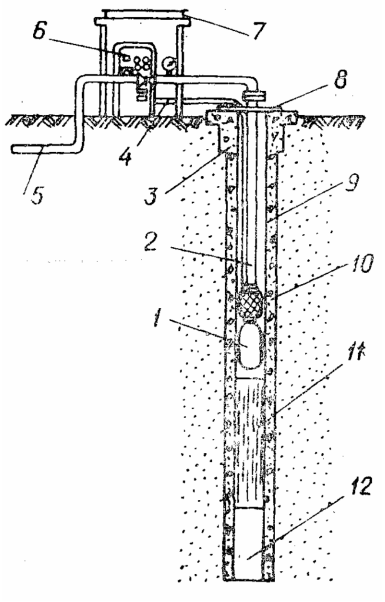


Рис. 2.34 - Схема скважинной насосной установки вертикального дренажа:

1 - электронасосный агрегат; 2 - водоподъемный трубопровод; 3 - бетонный оголовок; 4 - токоподводящий кабель; 5 - сбросной трубопровод;

6 - шкаф с аппаратурой для автоматического управления электродвигателем; 7 - здание насосной станции; 8 - опорное устройство; 9 - эксплуатационная колонна; 10 - гравийная обсыпка; 11 - фильтр скважины; 12 - отстойник

Расположение дрен в плане может быть: 1) площадное, когда скважины размещаются равномерно по осушаемой территории для откачки воды из какого-либо бассейна подземных вод и требуемого понижения их уровня; 2) линейное, когда линия колодцев перехватывает поток грунтовых вод, поступающий из водохранилищ, рек или прилегающих водосборов. Линейную систему вертикального дренажа следует применять при водопроводимости подстилающих пород не менее 300 м^2/сут. Для понижения уровня грунтовых вод на отдельных участках проектируют выборочный дренаж.

Дебит Q (м^3/сут) несовершенной скважины в неустановившемся режиме движения определяют по уравнению (рис. 2.35)

$$Q = \frac{4\pi kHS}{\ln \frac{2{,}25\,at}{r^2} + \xi}, \qquad (2.41)$$

где k - коэффициент фильтрации водоносного слоя, м/сут; H - его мощность, м; S - понижение уровня воды в скважине при откачке, м; рекомендуется принимать $S \leqslant 0{,}5\,H$; t - время откачки, сут; r - наружный радиус скважины (с учетом гравийной обсыпки), м; a - коэффициент уровнепроводности, м^2/сут;

$$a = kH/\beta, \tag{2.42}$$

где β - коэффициент водоотдачи; ξ - безразмерное фильтрационное сопротивление, учитывающее несовершенство скважин по степени вскрытия пласта, $\xi = f(l_ф/H,\ H/r)$. Для совершенной дрены ξ= 0.

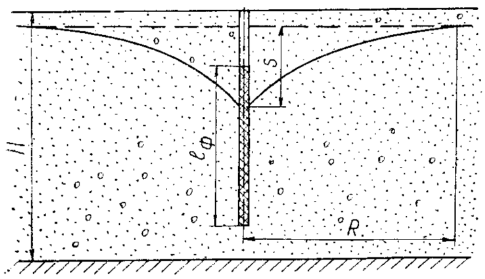


Рис. 2.35 - Схема действия вертикальной скважины

По данным опыта, удельный дебит на 1 м глубины откачки дренажных колодцев составляет от 4...5 л/с для суглинистых грунтов до 30...50 л/с для галечников.

Радиус области питания R (в м) вертикальной скважины и длительность откачки t, необходимой для обеспечения требуемой нормы осушения $H_{ос}$, вычисляют по формулам

$$R = \sqrt{Qt(\beta\pi H_{ос})}, \tag{2.43}$$

$$t = \beta\pi R^2 H_{ос}/Q. \tag{2.44}$$

Систематический вертикальный дренаж располагают на осушаемой территории по углам, квадратной или равносторонней треугольной сетки (рис. 2.36).

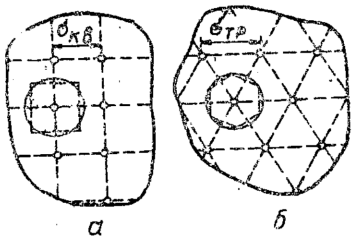


Рис.2.36 - Схема размещения систематического площадного дренажа:
а и б -по квадратной и треугольной равносторонней сетке

Откачка воды может производиться из каждой скважины отдельно. При небольших дебитах (до 100 м^3/ч) и небольших расстояниях между скважинами рациональнее 2-4 скважины с помощью сифонных трубопроводов соединять с одной центральной, откуда и будет производиться откачка воды. Переток воды из боковых скважин в центральную происходит благодаря разности напоров воды в них.

Дренажные скважины оборудуют обычно погружными насосными установками типа ЭЦВ с подачей 85…300 м^3/ч. Откачка воды из вертикальных скважин осуществляется в весенний предпосевной период (не более 10...15 сут), а также во время обильных летних и затяжных осенних дождей.

Во время откачки в радиусе до 50 м вокруг скважины образуется довольно глубокая воронка депрессии, однако через 0,5...1,5 сут. после остановки насосов уровни грунтовых вод выравниваются, воронки заполняются водой и по всей осушаемой территории устанавливаются примерно одинаковые глубины осушения.

В засушливые периоды, когда уровень грунтовых вод опускается глубже оптимального и растения начинают испытывать дефицит влаги, вертикальные скважины можно включать для подачи воды на увлажнение. При этом целесообразно устраивать бассейны суточного регулирования, которые необходимы для накопления и прогревания грунтовых вод. Из бассейна вода насосными станциями подается к дождевальным машинам «Волжанка», «Фрегат» и др. В этих условиях осушительно-увлажнительные системы с вертикальным дрена-

жем обеспечивают экономический эффект не менее 200 $/га по сравнению с системами горизонтального дренажа.

Режим работы вертикального дренажа автоматизируют, что обеспечивает включение и отключение насосов по заданной программе.

В условиях, когда верхний слабоводопроницаемый слой мощностью до 10... 15 м подстилается водоносным горизонтом с грунтово-напорными водами применяют комбинированный горизонтальный и вертикальный дренаж.

Вертикальная часть дренажа обеспечивает разгрузку водоносного пласта и снижает в нем напор и тем самым снижает подпитывание верхнего слабоводопроницаемого слоя напорными водами и позволяет увеличить расстояние между горизонтальными дренами.

2.10. Типы и элементы оросительных систем. Способы и техника полива

Оросительная система - это комплекс взаимосвязанных сооружений, зданий и устройств, обеспечивающий в условиях недостаточного естественного увлажнения оптимальный водно-солевой режим почвы для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Типы оросительных систем: открытые, закрытые и комбинированные.

Согласно ДБН В.2.4-1-99 «Мелиоративные системы и сооружения», в состав оросительной системы входят следующие основные **элементы**: источник орошения; водозаборное и рыбозащитные сооружения; насосные станции; оросительная сеть, состоящая из распределительных каналов, лотков или трубопроводов; временная оросительная сеть; поливные и дождевальные машины; дренажно-сбросная сеть; внутрисистемные гидротехнические сооружения; сооружения и устройства на закрытой оросительной сети; средства управления, автоматики, электроснабжения и связи; лесополосы; дороги; производственные и жилые здания эксплуатационной службы. В некоторых случаях оросительная система может не иметь отдельных элементов.

Способ орошения - это прием, с помощью которого осуществляют проектный режим орошения сельскохозяйственных культур путем распределения воды по полю в необходимых количествах и в требуемые сроки. Каждому способу орошения соответствует определенная ***оросительная сеть*** и ***техника полива***.

Техника полива – это комплекс мероприятий, сооружений, оборудования и машин, с помощью которых осуществляется тот или иной способ орошения.

В мелиоративной практике различают пять способов орошения: поверхностный, дождевание, мелкодисперсное дождевание (увлажнение), внутрипочвенный и подземный.

Поверхностный способ орошения (полива) является самым древним и наиболее распространенным. При поверхностном поливе почва увлажняется путем поглощения воды, подаваемой на поверхность орошаемого поля сплошным слоем или в виде отдельных струй.

Поверхностный способ полива имеет четыре разновидности: *по бороздам*; *по полосам*; *сплошным затоплением*; *выборочным затоплением*.

При поливе по бороздам вода движется по нарезанным по полю углублениям (бороздам) не по всей поверхности, а только в междурядьях, при этом под слоем воды находится лишь 20…30% поверхности почвы. Увлажнение почвы между бороздами происходит путем рассасывания воды по капиллярам.

При поливе по полосам вода движется тонким слоем по поверхности выровненных длинных участков (полос) и в процессе движения впитывается в почву.

При поливе сплошным затоплением небольшой участок поля – чек, огражденный по периметру валиком, затопляют водой, которая находясь в состоянии покоя, просачивается в почву, увлажняя ее.

При поливе выборочным затоплением водой затапливают небольшие участки отдельных растений.

Поверхностное орошение имеет следующие особенности: периодичность поливов; запасы влаги в почве расходуются в межполивные периоды; увлажняется преимущественно только почва; большие колебания влажности почвы в период между поливами.

Дождевание – это способ полива, при котором вода распределяется над поверхностью поля в виде дождя специальными машинами, установками или агрегатами. Особенности дождевания: увлажняется почва, растения и подземный слой воздуха; глубина увлажнения почвы, как правило, меньше, чем при поверхностном поливе; возможны частые поливы малыми нормами, что создает более равномерное увлажнение почвы.

Мелкодисперсное (аэрозольное) увлажнение - новый способ орошения, сущность которого состоит в распределении поливной воды в виде мельчайших капелек (аэрозолей), покрывающих растения. Его особенности: снижение транспирации влаги растениями; создание оптимального микроклимата вокруг растений; устранение влияния атмосферной засухи; сохранение структуры почвы; не увлажняет почву.

Внутрипочвенное орошение осуществляется путем введения воды в пахотный слой почвы. Внутрипочвенное орошение позволяет: уменьшить испарение с поверхности почвы; сохранять структуру почвы; поддерживать определенную глубину увлажнения почвы; обеспечивать непрерывное водоснабжение растений.

Подземное орошение (субирригация) представляет собой увлажнение активного слоя почвы путем искусственного подъема и поддержания уровня пресных грунтовых вод. Его особенности: возможность использования только при безуклон-ном рельефе; воздействие ограничивается только почвенно-грунтовым слоем, не оказывает влияния на микроклимат поля; используется только на незасоленных с хорошими капиллярными свойствами почвогрунтах.

При всех способах поверхностного орошения и дождевания вода соприкасается с почвой, поглощается ею и накапливается в порах. В процессе погло-

щения и движения воды в почвогрунтах различают **две фазы:** *впитывание* и *фильтрацию*.

Впитывание представляет собой первую фазу насыщения почвогрунта, когда поливная вода последовательно заполняет свободные поры. При поливе по полосам и дождеванием вода, впитываясь, передвигается вниз, а при поливе по бороздам – вниз и одновременно в стороны и вверх по капиллярам.

Скорость впитывания изменяется в зависимости от состояния поверхности почвы, ее механичесого состава и влажности. Измеряется в **мм** или **м** в единицу времени (мин, ч, сут). В зависимости от скорости впитывания почвогрунты подрзделяются на три типа: слабоводопроницаемые (менее 50 мм за первый час впитывания); средневодопроницаемые (50…150 мм); сильноводопроницаемые (более 150 мм за первый час впитывания).

После полного насыщения пор поглощение влаги почвой переходит в следующую фазу - ***фазу фильтрации***, которая может быть вертикальной (просачивание поливной воды вниз) или горизонтальной (движение грунтовой воды по водопроницаемому ложу).

Следовательно, в начале полива скорость поглощения воды почвой оказывается наиболее высокой, а со временем, по мере насыщения пор водой нарастания пути фильтрации, она уменьшается и приближается к постоянной для рассматриваемого типа почвогрунтов величине – скорости фильтрации.

Техника поверхностного способа орошения

Полив по бороздам – наиболее совершенный способ самотечного поверхностного орошения – применяется для полива преимущественно широкорядных пропашных культур (кукуруза, сахарная свекла, овощи, хлопчатник, плодовые и ягодные насаждения и др.). Применяется на незасоленных почвах на территории с уклонами не более 0,03, так как при большем уклоне вода размоет борозды, смоет почву и вызовет ее эрозию.

Классификация и устройство поливных борозд:

1. По глубине борозды подразделяются на: мелкие (8…12 см); средние (12…18 см); глубокие (18…25 см).

2. По проточности - на проточные (незатопляемые) и тупые (затопляемые).

3. По профилю сочетания – на параболические, трапециодальные, с бермой, с террасами, борозды-щели; по длине – на короткие (60…250 м) и длине (250…500 м).

4. По степени сельскохозяйственного использования – на засеваемые и незасеваемые.

Поливные борозды нарезают навесными культиваторами-окучниками КОН-2,8; КОН – 2,8П; КРН - 4,2 и др.

Борозды имеют преимущественно параболическое или трапецеидальное сечение с шириной по дну 8…10 см, с заложением откосов 1:1.

Глубину поливных борозд принимают 8…25 см. Расстояние между ними зависит от водопроницаемости и капиллярных свойств почв и должно быть принято таким, чтобы контуры увлажнения двух соседних борозд смыкались. С учетом этого расстояние между бороздами принимают: на легких почвах - 50…65 см, на средних - 65…80 и на тяжелых почвах - 800…100 см.

Полив по мелким бороздам применяется на хорошо спланированных полях с мелкосеменными культурами узкорядного сева: луком, морковью и др. Мелкие борозды имеют глубину 8…12 см, ширину поверху – 30…35 см. Проходят они в пахотном слое и обладают хорошей водоотдачей. Оптимальный уклон орошаемой территории – 0,0005…0,003, что характерно для пойм, плавней и дельт рек.

Полив по глубоким тупым бороздам применяется для полива овощных и пропашных культур при уклонах территории менее 0,002. Глубина этих борозд достигает 25 см, а ширина – 60 см. Борозды заполняют водой на глубину 18…20 см, после чего подачу ее прекращают и вода впитывается в почву. Длина затопляемой борозды зависит от уклона местности и может быть определена по формуле

$$l=(h_2 - h_1)/i\,, \qquad (2.45)$$

где h_2 и h_1 – глубины наполнения соответственно в конце и голове борозды,м;

i – уклон дна борозды.

Полив по проточным бороздам применяется для орошения всех пропашных культур при уклонах территории 0,002…0,02. Полив может осуществляться с постоянной или переменной поливной струей, без сброса и со сбросом. Чаще применяется полив переменной струей. Вначале воду подают с расходом 1…3 л/с. Когда вода пройдет 85…90% длины борозды, расход уменьшается до 0,5…1 л/с.

Полив по проточным бороздам зависимости от влажности почвы, глубины залегания грунтовых вод, периода роста и развития растений может проводиться в каждое междурядье или через междурядье. При поливе через междурядье поливная норма снижается на 45…50%, а производительность труда повышается на 35…40%.

Полив по бороздам с террасами является разновидностью полива по проточным бороздам. Суть его заключается в том, что поливные борозды нарезают на расстоянии, равном двойной ширине междурядий – 120…140 см одна от другой; между ними насыпают небольшой валик. Между валиком и поливной бороздой образуется небольшая (20…21 см) терраска, на которую высаживают рассаду овощных культур. Терраски позволяют рассадопосадочным машинам лучше заделывать рассаду в почву. Борозды-террасы нарезают до посадки специальными окучниками, навешиваемыми на культиватор-окучник КОН-2,8.

Полив по бороздам – щелям применяют для проведения влагозарядковых и предпосевных поливов большими поливными нормами на участках с недостаточно ровной поверхностью и на почвах со слабой водопроницаемостью. Борозды-щели – обычные борозды, в дне которых делают щель глубиной 17…20 см и шириной 3,5 см. общая глубина борозды-щели – 35…40 см. Длину их принимают такую же, как и в незатопляемых бороздах, а расход воды в каждую борозду увеличивают в 2…3 раза. В связи с этим производительность труда увеличивается в несколько раз по сравнению с поливом по обычным бороздам.

Расстояние между бороздами-щелями – 120…140 см. Нарезают их бороздоделателем-щелерезом БЩН-2 или БЩН-3. По бороздам-щелям можно прово-

дить и вегетационные поливы овощей и картофеля. В этом случае борозды-щели нарезают через междурядье.

Полив по длинным бороздам. Этот способ полива можно использовать на хорошо выровненных участках с уклонами не менее 0,002 и на почвах со средней и слабой водопроницаемостью при глубине залегания грунтовых вод более 2 м. При поливе по длинным бороздам одновременно включается в работу до 100 борозд, что способствует значительному увеличению производительности труда поливальщиков.

Длина борозд зависит от механического состава почв, уклона орошаемого участка и может достигать 500 м.

Для обеспечения водоподачи одновременно в большое число поливных борозд выводные борозды нарезают по горизонталям с уклоном не более 0,001. Равномерное увлажнение почвы по длине борозды, особенно при уклонах более 0,003, достигается путем проведения поливов переменной струей.

При поливе по бороздам можно пользоваться рекомендациями научно-исследовательских учреждений (табл. 2.6).

Основные недостатки полива по бороздам: неравномерное увлажнение почвы по длине борозды, невысокая производительность труда поливальщиков (0,4…2,0га за смену), невозможность подачи небольших поливных норм. Несмотря на это, полив по бороздам широко используется в Средней Азии и других районах при выращивании хлопчатника, овощей, технических культур.

Полив напуском по полосам - применяют для культур узкорядного посева: зерновых колосовых, однолетних и многолетних трав, моркови, лука и др. При этом вода движется по поверхности почвы, покрывая ее слоем 2…3 см. Для направления движения воды полосу с двух сторон ограничивают валиками (палами) или бороздами. Применяется на территориях с уклоном 0,002…0,02.

Классификация и устройство полос. Различают три вида полива по полосам: с головным, боковым и комбинированным напуском воды на поливную полосу.

Таблица 2.6 - Рекомендуемые параметры поливных борозд

Средняя скорость впитывания воды в почву в первый час, см/мин	Уклон поливного участка	Борозды		Борозды-щели		Полосы	
		длина, м	удельный расход, л/с	длина, м	удельный расход, л/с	длина, м	удельный расход, л/с
менее 0,15 (низкая)	0,002…0,004	250…300	1,2…1,5	250…300	2,4…3,0	250…300	6…8
	0,004…0,007	300…500	0,8…1,2	300…350	1,6…2,4	300…350	5…6
	0,007…0,010	350…400	0,5…0,8	350…400	1,0…1,6	350…400	4…5
0,15…0,3 (средняя)	0,002…0,004	200…250	1,2…1,5	150…250	2,4…3,0	200…250	8…10
	0,004…0,007	250…300	1,0…1,2	250…300	2,0…2,4	250…300	6…8
	0,007…0,010	300…400	0,8…1,0	350…400	1,4…2,0	300…350	5…6
более 0,30 (высокая)	0,002…0,004	120…200	1,5…2,0	120…200	3,0…4,0	150…200	10..12
	0,004…0,007	200…250	1,2…1,5	200…250	2,4…3,0	200…250	8…10
	0,007…0,010	250…350	1,0…1,2	250…350	2,0…2,4	250…300	6…8

По ширине полосы делятся на узкие (1,8…4,2 м) и широкие (до 35 м), а по длине - на короткие (до 50 м) и длинные (до 500 м).

Для устройства полос применяют полосоделатель ПАЛ-КЗУ-0,3, валикоделатель ВПУ-0,7, полосообразователи риджерного типа и другие орудия. При нарезке полос стремятся к тому, чтобы валики, ограничивающие их, были параллельны. Ширина полос чаще всего принимается равной 3,6 и 4,2 м, а высота валиков после их усадки – не менее 15 см. Преимущественно полосообразователей: выравнивают поверхность внутри полосы и не образуют резервы вдоль валиков. При устройстве полос валикоделателями вдоль валиков образуются резервы глубиной 6…12 см, что затрудняет равномерность распределения воды по ширине полосы.

Широкие поливные полосы ограничивают высокими (до 30 м) и пологими (m=3…4) откосами. Разравнивают их полосоделателями-разравнивателями и волокушами.

Полив с головным пуском. Применяют при продольном уклоне 0,002…0,01 и поперечном не более 0,003. Вода из временных оросителей, полевых трубопроводов или выводных борозд поступает на полосы шириной в один (3,6 или 4,2 м) или два (7,2 или 8,4 м) прохода дисковой сеялки. Валики устраивают одновременно с посевом. При посеве зерновых и трав их засевают.

Полив напуском по полосам, как правило, проводят нормой добегания, позволяющей уменьшить поливные нормы с 900…1000 $м^3$/га до 500…700 $м^3$/га. При этом подачу на полосу прекращают, когда вода пройдет 75…85% длины полосы.

Полив можно осуществлять и переменной струей. Для смачивания полосы подают расход воды 10…15 л/с и более на 1 м ширины полосы, а затем его уменьшают в 2…3 раза. При длинных полосах удельный расход воды не следует принимать меньше 3 л/с, так как это не только увеличивает сроки полива, но и не дает равномерного покрытия поверхности почвы водой. Длина полос зависит от механического состава, водопроницаемости почв и уклона.

Полив с боковым пуском применяют при продольных уклонах 0,02…0,03, сложном микрорельефе и поперечном уклоне более 0,002. Полосы с боковым пуском воды отделяют друг от друга не валиками, а выводными бороздами глубиной 25…30 см. Ширину полос принимают кратной ширине сеялки.

Полив с боковым пуском целесообразно применять на тяжелых суглинистых почвах. Расходы воды при этом повышенные – 25…100 л/с. Вода на полосу поступает через водовыпуски или прокопы. Расстояние между ними подбирают так, чтобы веер движения воды из одного выпуска сливался с другим. Удельный расход воды на 1 м ширины полосы устанавливают опытным путем. Длина полос достигает 300 м и более. Производительность труда при поливе невысокая – 0,8…1,5 га за смену. Недостатки: неравномерность увлажнения

почвы, большие потери воды на фильтрацию в бороздах, низкая производительность.

Полив с комбинированным пуском применяется при сложном микрорельефе и продольном уклоне 0,03…0,04 на не спланированных или слабоспланированных площадях. Ширина полосы может достигать 15 м, а длина – 400 м. Удельный расход воды 10…15 л/с на 1 м ширины полосы. Вода подается на полосу из временного оросителя и выводной борозды. Комбинированный напуск воды способствует повышению производительности труда при поливе до 2…2,5 га за смену.

Полив затоплением - древнейший способ поверхностного орошения. Применяется преимущественно для орошения риса, лиманом орошении и промывке засоленных почв. Реже его применяют для орошения люцерн, кукурузы и зерновых культур.

Полив затоплением проводят на огражденных валиках площадках-чеках площадью 0,2…50 га. Чеки в рисовых хозяйствах имеют горизонтальную поверхность. Для обычных полевых культур они могут иметь уклон 0,0005…0,001. Вода, поступившая в чек, затопляет его слоем 5…15 см и впитывается в почву. Остаток воды при поливе полевых и кормовых культур сбрасывают. При поливе затоплением полевых и овощных культур внутри чеков можно нарезать борозды или полосы, т.е. применять смешанный способ полива. При этом обеспечивается быстрое продвижение воды, более равномерно увлажняется почва, снижаются поливные нормы с 4000…5000 до 1200… 1500 $м^3$/га, происходит более быстрое освобождение чека от избытка воды, так как большинство сельскохозяйственных растений не выдерживают длительного затопления. Кратковременное затопление (до 2…3 суток) удовлетворительно переносят кукуруза, люцерна, озимая и яровая пшеницы, ячмень, овес, сорго.

Положительной стороной полива затоплением является его высокая производительность (20…50 га в смену на одного поливальщика), круглосуточный полив, возможность полной автоматизации процесса водораспределения.

Основной недостаток – значительные фильтрационные потери воды, поэтому поливные нормы достигают 3000 м^3/га и более.

При орошении культур затоплением очень важно правильно установить расходы воды, которые зависят от степени спланированности и уклона орошаемой территории, площади чека и поливной нормы.

Связь между этими факторами описывается уравнением

$$\omega_ч = 0{,}01m+0{,}24q-21{,}51, \qquad (2.46)$$

где m - поливная норма, м^3/га; q - удельный расход воды, л/с; $\omega_ч$ – площадь чека, га.

Чем меньше уклон поверхности чека, тем быстрее он заполняется. При площади чека 5…10 га, чтобы вылить поливную норму 1000 м^3/га необходимо иметь удельный расход воды 70…90 л/с·га. При той же норме, но при площади чека 15…20 га удельный расход должен быть увеличен до 110…130 л/с·га.

Полив дождеванием - распыление оросительной воды под действием искусственно создаваемого напора на мелкие капли, которые в виде дождя падают на растения и почву, увлажняя их и приземный слой воздуха.

Первые опыты по применению полива дождеванием были поставлены в Российской империи в 1875 г. инженером Г.И. Аристовым. Позднее полив дождеванием использовался в Германии, Англии и других странах.

В настоящее время в СНГ дождеванием поливают 40% орошаемых площадей. В Молдавии дождевание используется на 95%, на Украине – 92%, в России – 70% поливаемых земель. На базе дождевания успешно развивается орошение в Белоруссии, Прибалтике, Нечерноземной зоне России.

Быстрое развитие полива дождеванием в СНГ и других странах объясняется рядом **преимуществ** этого способа орошения: высокий уровень механизации и автоматизации процесса полива; возможность проведения поливов на полях со сложным микрорельефом, прямым и обратным уклонами; маневрирование поливными нормами в широком диапазоне – 50…900 м^3/га без потерь воды на глубинную фильтрацию; улучшает микроклимат и условия развития корне-

вой системы растений; что предупреждает засоление и заболачивание орошаемых земель.

Дождеванию присущи и **недостатки**: большие затраты металла на изготовление дождевальных машин, установок и труб (40…120 кг/га), неравномерность полива при ветре, невозможность глубокого увлажнения тяжелых почв, отрицательная реакция отдельных культур семейства пасленовых, винограда и других на этот способ орошения.

Дождевание целесообразно применять на участках со сплошным рельефом, безуклонных и малоуклонных территориях с почвами средней и высокой водопроницаемости для полива овощных, технических и зерновых культур, садов, лугов и культурных пастбищ.

Виды дождевания: по срокам и характеру увлажнения почвы и биологическому воздействию на сельскохозяйственные культуры различают два вида дождевания: **обычное** и **импульсное**.

При **обычном** дождевании воду подают на поля в виде дождя со значительным интервалом – 5…10 суток для создания оптимальных запасов влаги в активном слое почвы и смягчения микроклимата приземного слоя воздуха. Для этой цели используют дождевальные агрегаты и машины ДДА-100М, ДДА-100МА, ДДН-70, ДДН-100, «Фрегат», «Днепр» и др.

При **импульсном** дождевании полив осуществляется ежедневно, обычно в период наиболее высоких температур воздуха для снижения дефицита его влажности и увлажнения почвы. Аппараты импульсного дождевания работают отдельными циклами, состоящими из периода накопления воды (4…10 с) и выбрасывания («выстрела») воды в атмосферу (2…3 с).

Элементы и типы дождевальных систем.

Элементами дождевальных оросительных систем являются: источник орошения, насосно-силовое оборудование, постоянная сеть каналов и трубопроводов, временная сеть каналов или быстроразборных трубопроводов, стационарные или подвижные дождевальные аппараты и машины.

По действию и конструктивным особенностям дождевальные системы делятся на стационарные, полустационарные и передвижные.

В стационарных системах все элементы, кроме дождевальных машин и агрегатов, занимают постоянное положение. Такие системы целесообразно автоматизировать с использованием стационарных дождевальных аппаратов.

В Молдавии с 1967 г. действует автоматизированння система дождевания на площади 150 га. На участковых трубопроводах через 70 м в шахматном порядке установлены гидранты с гидроуправляемыми клапанами и дождевальными аппаратами ДН-1 с напором 0,45…0,52 МПа, расходом 25…29 л/с и радиусом действия 50 м. Управление системой осуществляется программным устройством, находящимся в насосной станции.

Большие возможности для развития стационарных автоматизированных дождевальных систем имеются в предгорных районах Грузии, Армении, Киргизии, в Таджикистане и Азербайджане, где для дождевания может быть использован естественный напор вод горных рек.

В полустационарных дождевальных системах подвижными могут быть распределительные и дождевальные трубопроводы, дождевальные машины и установки. Такой тип систем наиболее распространен.

В передвижных системах все элементы в процессе полива перемещаются. Такие системы обычно имеют небольшую площадь (овощные участки, культурные пастбища), где не требуется пропуска больших расходов.

Мелкодисперсное увлажнение

Мелкодисперсное (аэрозольное) увлажнение является одним из новых способов орошения, который используется для эффективного регулирования микроклимата приземного слоя воздуха. Сущность его сводится к распылению (диспергированию) оросительной воды на мелкие капли (50…300 мкм), которые покрывают листовую поверхность растений и не скатываются с нее на почву, а остаются до полного испарения. Этот процесс сопровождается повышением относительной влажности воздуха, снижением температуры листовой поверхности, сокращает расход влаги на суммарное водопотребление, защищает

растения от атмосферной засухи, способствует активизации процесса фотосинтеза и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Мелкодисперсное увлажнение (МДУ) проводят, как правило, только в дневные часы, когда температура воздуха превышает физиологические оптимальные значения для развития сельскохозяйственных культур. Норма разового полива составляет 80…600 л/га в час.

Диспергирование воды при МДУ осуществляется туманообразующими установками ТОУ-6, ТОУ-7 и др. Туманообразующая установка состоит из двух основных частей: генератора высокоскоростного потока воздуха, в качестве которого используются газотурбинные авиадвигатели, отработавшие летний ресурс, и соплового аппарата с водораспределительным устройством. Длина факела активного распределения воды изменяется от 70 до 150 м в зависимости от скорости и направления ветра. Расход воды составляет 100…300 л/мин., но не более 20…30 $м^3$/ч на 1 га. Передвижение агрегата на новую позицию осуществляется трактором через 3…4 ч. При полном развороте сопла на 360^0 и средней длине факела 100 м с одной позиции можно увлажнять около 4 га с расходом воды около 20 $м^3$/га. Дневная производительность установки – 16 га, сезонная – 190 га. Установка может работать от закрытой сети с размещением гидрантов через 200 м.

Для проведения увлажнения установка ТОУ может забирать воду из автоцистерны ЗИЛ-130 емкостью 12 $м^3$. При скорости передвижения агрегата 9 км/ч расход воды на увлажнение составит около 2 $м^3$/га, а за оросительный сезон – 120 $м^3$/га. За 10 ч работы агрегата может однократно увлажнить площадь 900…1000 га. Для заправки цистерна на каждые 100 га достаточно иметь один гидрант.

Во ВНИИГиМ разработано специальное оборудование, позволяющее осуществлять мелкодисперсное увлажнение агрегатом ДДА-100М. Во ВНПО «Радуга» разработана конструкция стационарной системы МДУ, которая включает насосную станцию, трубопроводную сеть и мачты с самоустанавливающейся штангой с форсунками. Высота мачты – 10 м, общий расход

форсунок – 0,3…0,85 л/с, рабочий напор – 0,15…0,40 МПа, количество форсунок – 22. На орошаемой площади мачты расставляют по треугольной схеме.

Форсунки для МДУ могут иметь различную конструкцию. При отсутствии специального оборудования МДУ может осуществляться обычными распылителями минеральных удобрений и опрыскивателями ядохимикатов типа ОВТ-1, ОП-450 и др.

Внутрипочвенное орошение и субирригация

При внутрипочвенном орошении поливная вода подводится с некоторой глубины непосредственно в корнеобитаемый слой при помощи увлажнителей различных конструкций. При этом обеспечивается хорошая аэрация почвенного слоя, на протяжении всего вегетационного периода поддерживается заданная влажность почвы без значительных потерь воды.

Внутрипочвенное орошение наиболее эффективно в районах с дефицитом оросительной воды и в первую очередь в хозяйствах, где на орошение можно использовать хозяйственно-бытовые и животноводческие стоки.

Существует несколько *разновидностей внутрипочвенного орошения. По напору в сети* различают: напорные с гравитационно-капиллярным увлажнением, низконапорные с капиллярно-гравитационным увлажнением и адсорбционные (вакуумные) с капиллярным увлажнением почвы. Наибольшее распространение получили низконапорные системы.

Системы внутрипочвенного орошения *по продолжительности* нахождения увлажнительной сети на участке делятся на стационарные, полустационарные с мобильными инъекционными машинами, стационарно-сезонные (кротовые увлажнители, микропористые увлажнители), временные для одноразового пользования (кротование). Наиболее распространены стационарные системы.

По конструкции увлажнительной сети они бывают с трубчатыми пористыми увлажнителями (гончарные и керамические трубки); трубчатыми перфорированными увлажнителями; инъекционными устройствами (гидробуры, гидропушка для бесконтактной инъекции, культиваторы с полыми сошниками-

инъекторами). Наиболее распространены системы с трубчатыми перфорированными увлажнителями.

***Элементы техники орошения*:** глубина заложения увлажнителей (0,4…0,6 м); напор в увлажнителях (0,2…0,5 м); удельный расход увлажнителей (0,02…0,33 л/с на 100 м длины); длина увлажнителей (50…200 м); расстояние между увлажнителями (1,0…3,5 м); продолжительность полива.

На величину элементов техники внутрипочвенного орошения влияют водопроницаемость почв, уклон, сложность микрорельефа, мутность воды. От принятых элементов техники орошения зависит качество полива, которое оценивается равномерностью увлажнения по длине, глубиной неувлажняемого слоя почвы, глубинной утечкой воды.

Длину увлажнителя можно определить по зависимости $l = Q/vf$, где Q – расход в голове увлажнителя, м^3/с; v – скорость впитывания воды в почву, м/с; f – смоченный периметр увлажнителя, м.

Продолжительность полива можно найти по формуле

$$t = \frac{m\omega}{qn}, \tag{2.47}$$

где m – поливная норма, м^3/га; ω – орошаемая площадь, га; q – расход воды, подаваемой одним увлажнителем, м^3/ч; n - количество увлажнителей.

Расход увлажнителя на метр длины $q_{уд}=ah$, где a - параметр, зависящий от водно-физических свойств почвы и степени перфорации увлажнителей; h – пьезометрический напор в увлажнителе, м.

Параметр a определяют по зависимости

$$a = \frac{mTB}{86{,}4th_p}10^{-7}, \tag{2.48}$$

где T - количество тактов водооборота; B – расстояние между увлажнителями, м; t - межполивной период для самого напряженного по водопотреблению месяца, сут; h_p - расчетный напор над осью увлажнителя, м.

Конструкция системы. Система внутрипочвенного орошения состоит из насосной станции, очистных сооружений, распределительной и увлажнительной сети, водовыпускных сооружений, водоотводного аэрационного трубопровода, контрольно-вентиляционных сооружений.

Очистка оросительных вод осуществляется сетчатыми и гравийными фильтрами, а сточных вод – в специальных отстойниках различных конструкций.

В качестве увлажнителей рекомендуется применять полиэтиленовые трубы диаметром 20…40 мм. Длина их принимается 150…200 м. При этой длине увлажнителей обеспечивается равномерное увлажнение почвы. Расстояние между увлажнителями на среднесуглинистых и глинистых почвах принимается для овощных и кормовых культур - 1,25…2 м; для ягодников (малина, смородина) и виноградников - 2,5…3 м; для плодовых насаждений - 3…3,5 м.

Водоотводная аэрационная сеть предназначена для отвода и сброса оросительной воды из увлажнительной и оросительной сети при переувлажнении корнеобитаемого слоя из-за затяжных дождей или при весеннем снеготаянии. Она также выполняет роль аэрационной сети в межполивной период, когда воздух через открытые наблюдательные колодцы (колодцы-стояки) аэрирует почву. Во время полива через эту сеть и открытые аэрационные колодцы свободно уходит вытесняемый водой воздух. Увлажнительные трубопроводы соединяются с оросительной и водоотводной аэрационной сетями с помощью патрубков из гончарных труб.

Капельное орошение. Капельное орошение является особой разновидностью внутрипочвенного орошения, при котором поливная вода по трубопроводам через специальные микроводовыпуски (капельницы) подается малыми расходами (каплями) непосредственно в корнеобитаемую зону растений.

Основные достоинства капельного орошения: экономия оросительной воды; локальное увлажнение почвы только в зоне размещения корневой системы; отпадает необходимость планировки; возможна подача вместе с ороси-

тельной водой удобрений и ядохимикатов; незначительные энергозатраты; отпадает необходимость в дренаже.

Основные недостатки: засорение отверстий капельниц примесями и отложениями солей; неравномерность распределения воды при значительных площадях системы; повреждение пластмассовых трубопроводов грызунами; высокие капиталовложения в строительство.

Мировая площадь капельного орошения в 1982 г. превысила 450 тыс. га. Капельное орошение применяют в основном для полива плодовых насаждений и виноградников в Украине, в Молдавии, Таджикистане и др.

К элементам техники капельного орошения относятся: очаг увлажнения; контур увлажнения; расход капельницы; количество и схема расположения точек водоподачи в очаге увлажнения; равномерность распределения оросительной воды капельницами; схема расположения капельниц на орошаемой площади; площадь увлажнения. Очаг увлажнения определяется размерами увлажненного пятна на поверхности почвы и глубиной контура увлажнения, которые зависят от воднофизических свойств почвы, предполивной ее влажности, продолжительности полива, интенсивности испарения.

При капельном орошении увлажняется не вся площадь, а только часть ее. В качестве ориентировочных рекомендаций можно принимать для многолетних насаждений с густотой посадки до 1 тыс. корней на 1 га площадь увлажнения, равную 30% от общей площади. В районах, где орошение дополняет естественные осадки, может увлажняться 20% площади посевов.

Система капельного орошения состоит из следующих **основных элементов**: *водозаборного* и *напорообразующих узлов*, *фильтра*, *устройства для подачи удобрений*, *пульта управления*, *магистрального*, *распределительных* и *поливных трубопроводов*, *капельниц*, *датчика необходимости полива*.

Основным конструктивным элементом системы, определяющим ее основные параметры, являются капельницы (табл. 2.7).

Таблица 2.7 - Характеристика основных типов капельниц-водовыпусков

Показатели	**Молдавия-1**	**Украина-1**	**Коломна-1**	**Таврия**	**УкрНИИОС**
Тип	**Саморегулирующаяся**	**Самоочищающаяся**	**Гидропневмо-аккумуляторная**	**Поплавковая**	**Мембранная**
Режим работы	Непрерывный	Непрерывный	Импульсный	Непрерывный	Непрерывный
Площадь полива, $м^2$	До 6,0	До 6,0	До 10,0	До 6,0	До 5,9
Рабочее давление в сети, КПа	100…200	100…240	150…300	40…80	200…350
Расположение	Надземное	Надземное	Надземное	Надземное	Надземное
Расход, л/с	0,017	0,028	0,034	0,018	0,0073
Материал	Полимеры	Полимеры	Полиэтилен	Полиэтилен	Полимеры

Из поливного трубопровода вода через отверстие поступает в капельницу, где, проходя через решетки и дроссель, подается по выпускным микротрубкам в корневую систему локально в одну или две точки. При работе на мутной воде капельница может самоочищаться, пропуская твердые включения, содержащиеся в воде. После пропуска твердого включения размер отверстий дросселя восстанавливается.

Наиболее простыми сооружениями для частичного осветления воды могут служить бассейны или отстойники. Для задержания частиц диаметром менее 10 мк применяются песчано-гравийные фильтры и фильтры с плавающей пенополистирольной загрузкой (ФПЗ). Такой фильтр представляет собой трубу диаметром 240…1200 мм и высотой до 3 м, заполненную полистирольными плавающими гранулами. Вода подается под напором и, перемещаясь сверху вниз через зернистый слой гранул с большой свободной поверхностью, очища-

ется от грубодисперсных и коллоидных загрязнений. Фильтр легко очищается подачей воды под напором снизу вверх.

Внутрихозяйственная оросительная сеть проектируется, как правило, тупиковой из полиэтиленовых труб диаметром 16…50 мм. Расположение их может быть как подземным, так и наземным. Расстояние между поливными трубопроводами устанавливают в соответствии с шириной междурядий или расстоянием между рядами деревьев. Оно изменяется от 0,7…0,0 для пропашных культур до 4,5…8 м – для плодово-ягодных.

Для систем непрерывного капельного орошения при заданной длине поливного трубопровода расчет сводится к определению наименьшего диаметра труб, при котором обеспечивается равномерная раздача воды. Гидравлический расчет остальных звеньев оросительной системы ведется по обычным формулам гидравлики с использованием известных приемов.

Субирригация (подземное орошение) – это способ увлажнения пахотного слоя почвы за счет капиллярного подпитывания путем подъема и поддержания необходимого уровня грунтовых вод.

Варианты субирригации: шлюзование (подпор) сбросных, дренажных и оросительных каналов; подача оросительной воды по сильнофильтрующим каналам, а также по проложенным на небольшой глубине (0,5…0,6 м) трубчатым увлажнителям; регулирование естественного оттока грунтовых вод; подпитывание артезианскими водами путем прорезывания водонепроницаемого слоя.

Подземное орошение применяется для влаголюбивых растений с глубокой корневой системой на территориях с естественным плоским безуклонным рельефом, однородными, незасоленными, с хорошими капиллярными свойствами почвогрунтами, неглубоким залеганием пресных грунтовых вод. Подземное орошение шлюзованием применяется на осушительно-увлажнительных системах на почвах, подстилаемых хорошо фильтрующими грунтами. В зоне орошаемого земледелия на территориях, сложенных тяжелыми почвогрунтами, при высоком уровне минерализованных вод со слабой отточностью может применяться подземное орошение по дренам-увлажнителям после опреснения поч-

вогрунтов и грунтовых вод. Над зеркалом грунтовых вод в этом случае создается слой пресных вод, которые, перемещаются по капиллярам опресненных почвогрунтов, поступают в корневую систему растений.

2.11. Проектирование в плане оросительной сети при разных способах орошения

Проектирование в плане магистрального канала и его ветвей оросительной сети (открытая сеть).

Магистральный канал состоит из *головного участка*, *холостой* и *рабочей* частей. ***Головной участок*** - это входной водоприемный участок, на котором вода с помощью головного сооружения забирается в канал и при необходимости осветляется от наносов в отстойниках.

Холостая часть - участок канала, подводящий воду от источника орошения к первому распределительному каналу.

Рабочая часть канала делит воду между распределительными каналами.

Расположение в плане магистрального канала зависит от геоморфологических условий местности, от типа водоисточника и его размещения по отношению к орошаемому массиву, типа водозабора и др.

Основными геоморфологическими типами районов орошения в СНГ являются предгорные, речные водораздельные равнины и плато.

Водораздельные равнины и плато характеризуются сравнительно малыми уклонами, сложным микрорельефом и ограниченными водными ресурсами.

Здесь главные источники орошения - реки и водохранилища.

Предгорные равнины делят на две части - верхнюю и нижнюю. Верхние части имеют значительные уклоны, а нижние - несколько меньшие. В верхней части источниками орошения являются реки, стекающие с гор, а в нижней - верхние участки реки, протекающей по долине.

В соответствии с ДБН В.2.4-1-99 для обеспечения условий командования и самотечного распределения воды каналы необходимо трассировать по наиболее высоким отметкам местности. Желательно, чтобы каналы располагались по водоразделам и имели двухстороннее командование. При разбивке сети следует стремиться к тому, чтобы общая длина каналов была наименьшей, так как в противном случае увеличивается стоимость строительства и эксплуатации и к тому же уменьшается коэффициент полезного действия оросительной системы.

Наиболее рационально трассировать канал на местности с уклоном, обеспечивающим получение в нем скорости, близкой к допустимой на размыв, что обеспечивает наименьшую стоимость работ по строительству и эксплуатации канала. При малых уклонах увеличивается поперечное сечение каналов и усложняется производство работ. Большие уклоны требуют устройства на каналах перепадов и быстротоков. Так как каналы — это реальные границы земельных участков, то их следует располагать на границах хозяйств, севооборотных, бригадных и других участков (рис. 2.37).

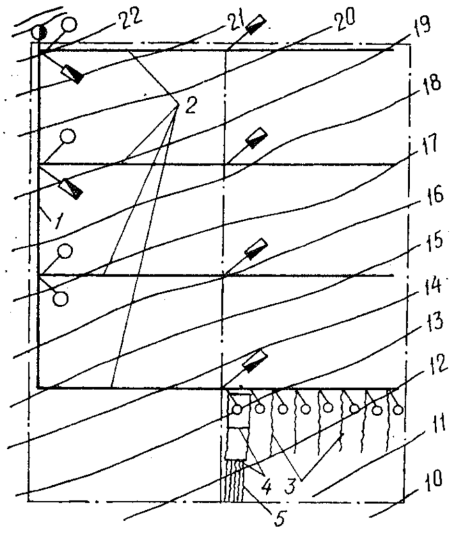


Рис. 2.37 - Схема оросительной сети на севооборотном участке:
1- хозяйственный канал; 2 - участковые каналы; 3- временные оросители; 4 - выводные борозды; 5 - поливная сеть

Речные долины в верхней части характеризуются средними уклонами, а в дельтовой части - малыми. Здесь основные источники орошения - реки и их притоки, а также воды местного стока, зарегулированного в балках и реках.

При орошении водораздельных участков вода из рек или водохранилищ подается на командную точку насосной станцией (рис. 2.38).

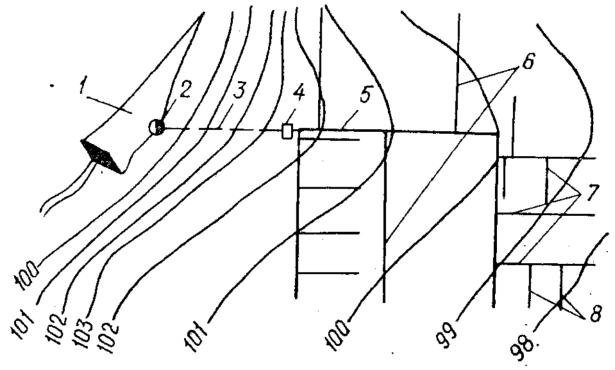


Рис. 2.38 - Схема расположения межхозяйственной сети на водораздельной равнине:
1- водохранилище; 2 - насосная станция; 3 - напорный трубопровод; 4 - регулирующий бассейн; 5 - магистральный канал; 6 - межхозяйственные распределители; 7 - хозяйственные распределители; 8 - внутрихозяйственные (участковые) распределители

Машинный водоподъем применяют на крупнейших оросительных системах юга Украины (Каховской, Ингулецкой, Северорогачинской), в Поволжье (Энгельсская, Приволжская, Комсомольская) и в других зонах орошения.

Трассу магистрального канала проектируют по повышенным (водораздельным) участкам, а его ветви и распределительные каналы - по местным водоразделам для осуществления командования над большей площадью орошения. По возможности следует проектировать каналы двухсторонним командованием.

При орошении предгорных равнин магистральный канал и межхозяйственные распределители располагают вдоль или под острым углом к направлению уклона местности, чтобы подать воду на возможно большую площадь (рис. 2.39 и 2.40).

На оросительных системах, расположенных на террасах речных долин, холостую часть магистрального канала проектируют с минимально допустимым уклоном сначала вдоль реки, а затем с постепенным приближением к массиву орошения (рис. 2.41).

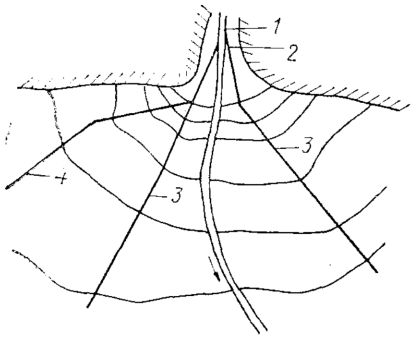


Рис. 2.39 - Схема расположения межхозяйственной сети на конусе выноса:
1 - река; 2 - водозабор; 3 - ветви магистрального канала; 4 - межхозяйственный распределитель

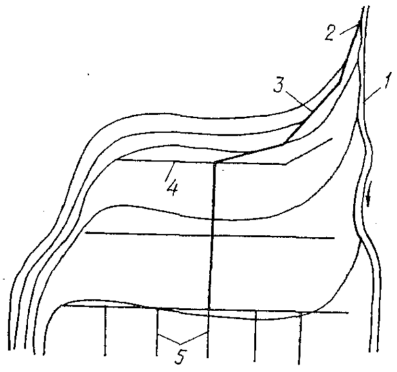


Рис. 2.40 - Схема расположения проводящей сети на предгорной равнине:
1 - река: 2 - водозабор; 3 - магистральный канал; 4 - межхозяйственные распределители; 5 - хозяйственные распределители

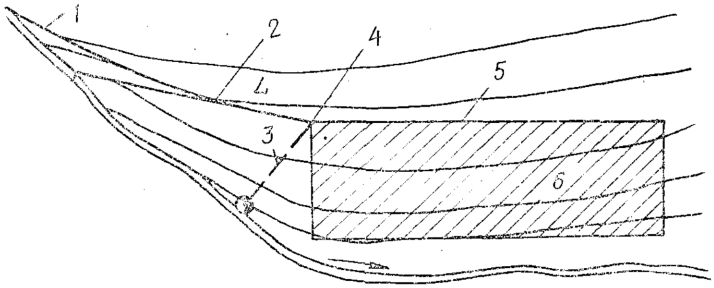


Рис. 2.41 - Схема расположения холостой части магистрального канала:

1 - бесплотинный водозабор; 2 - плотинный водозабор; 3 - механический водоподъем; 4 - командная точка; 5 - рабочая часть магистрального канала; 6 - подкомандная территория

Это самые распространенные **схемы в плане**, с которыми сталкиваются разработчики **при проектировании** оросительных систем.

При проектировании и строительстве технически совершенных оросительных систем **с закрытой внутрихозяйственной сетью**, высокопроизводительной дождевальной техникой, автоматизацией водораспределения и полива на крупных земельных массивах магистральный канал и межхозяйственные распределители с большим расходом воды проектируют открытыми в облицованном русле.

Непосредственно на севооборотные участки вода подается насосными станциями, создающими одновременно напор в сети, необходимый для подключения автоматически работающих машин «Фрегат» (рис. 2.42).

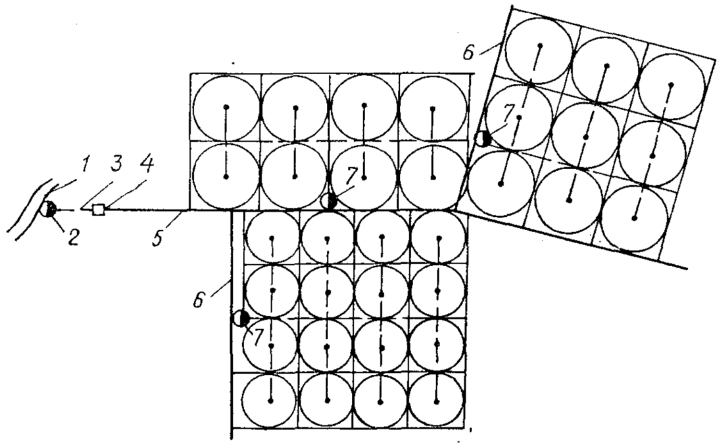


Рис. 2.42 - Схема расположения магистрального канала и межхозяйственных распределителей при поливе дождеванием из закрытой внутрихозяйственной сети:
1 - река; 2 - насосная станция; 3 - напорный трубопровод; 4 - регулирующий бассейн; 5 - магистральный канал; 6 - межхозяйственные распределители; 7 - насосные станции подкачки

На юге Украины и в Молдавии применяют также рассредоточенную схему сети на массиве орошения. По этой схеме вместо единого магистрального канала, командующего всем массивом орошения, проектируют несколько самостоятельных каналов, подающих воду на отдельные участки орошаемого массива. Это дает возможность снизить затраты на строительство и эксплуатацию оросительной сети и оперативно вводить в эксплуатацию первоочередные оро-

шаемые участки на массиве. По такому принципу построены рисовые оросительные системы в дельте Дуная.

Оригинальное решение принято при проектировании Ингулецкой оросительной системы в Украине, где в качестве холостой части магистрального канала использовано углубленное на протяжении 80 км русло реки Ингулец, по которому вода от реки Днепр поступает противотоком (антирека), а затем подается на командную точку на высоту 60 м насосной станцией производительностью 30 $м^3$/с.

Проектирование в плане межхозяйственной и внутрихозяйственной сети каналов

Направление трассы магистрального канала в значительной степени предопределяет расположение межхозяйственной и хозяйственной распределительной сетей. Так, если на речных долинах магистральный канал проходит под острым углом к горизонталям, то распределители старшего порядка располагают в направлении наибольшего уклона местности. В зависимости от размеров орошаемой площади и разветвленности оросительной сети это могут быть межхозяйственные каналы при больших площадях массива орошения и хозяйственные — при небольших. Отходящие от них распределители младшего порядка размещают под небольшим углом к горизонталям (рис. 2.43).

При расположении канала по наибольшему уклону на предгорных равнинах и конусах выноса распределители первого порядка проектируют под острым углом к горизонталям, а второго порядка - в направлении уклона местности (см. рис. 2.40). В условиях сложного рельефа при наличии ложбин, второстепенных водоразделов магистральный канал проектируют по тем же принципам, но он теряет свою прямолинейность. Распределительные каналы трассируют с допускаемыми уклонами по гребням местных водоразделов с двухсторонним командованием (рис. 2.44).

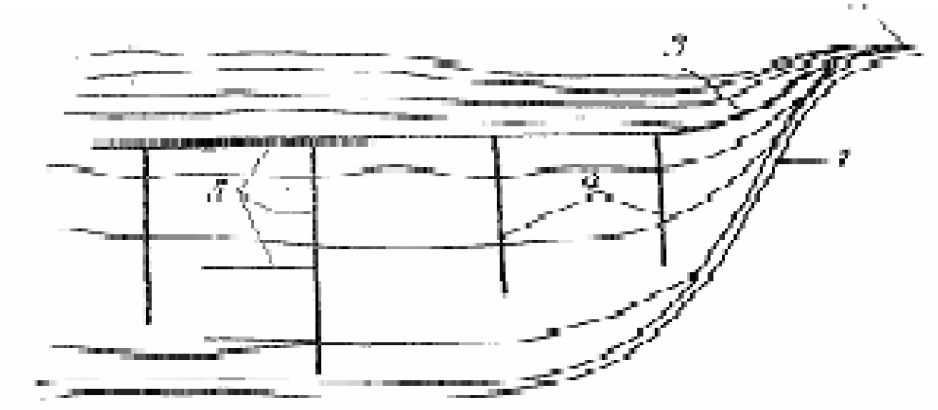


Рис. 2.43 - Схема расположения проводящей сети на речной долине
1 - река; 2 - водозабор; 3 - магистральный канал; 4 - межхозяйственные распределители; 5 - хозяйственные распределители

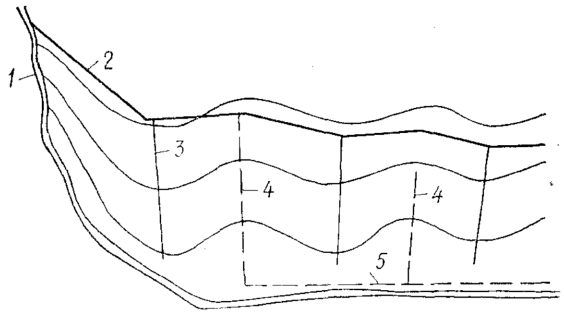


Рис. 2.44 - Схема расположения магистрального канала и межхозяйственной сети на сложном рельефе:
1 - *река; 2 - магистральный канал; 3 - межхозяйственные распределители; 4 - водосбросные каналы; 5 - главный водосбросный канал*

В зависимости от рельефа и условий организации территории расположение рабочей части магистрального канала и распределительной сети может быть односторонним и двухсторонним (см. рис. 2.38 и 2.43), узловым и линейным.

На первом этапе проектирования расходы магистрального и распределительных каналов рассчитывают по данным графика гидромодуля культур на площади, подкомандной каждому каналу.

Проектирование хозяйственной и межхозяйственной проводящей оросительной сети каналов выполняют на планах в масштабе 1 :10000 или 1 : 5000 с сечением горизонталей через 0,5 м, когда известны площади, состав культур севооборотов, режим орошения и техника полива сельскохозяйственных культур.

Сеть начинают проектировать с нанесения на план границ хозяйств и определения валовой и пригодной под орошение площади, оконтуривая участки, непригодные для орошения по топографическим и почвенным условиям. Анализируют рельеф, выделяют повышенные и пониженные участки для возможной трассировки оросительных и водосборно-сбросных каналов.

Трассы хозяйственных и внутрихозяйственных распределителей намечают по самым высоким элементам рельефа. Далее, в зависимости от характера рельефа и техники полива назначают три-четыре расчетных типоразмера севооборотного поля, используя масштабные шаблоны севооборотов.

Оптимальным для данного типоразмера будет вариант размещения полей с их наиболее компактным размещением при наименьшем количестве полей неправильной формы.

В заключение окончательно увязывают трассы каналов с границами хозяйств, полей севооборотов, дорогами и другими коммуникациями и приступают к разбивке поливных участков в пределах каждого севооборота.

Особенности проектирования закрытой (трубчатой) оросительной сети в плане

Трубчатая (закрытая) оросительная сеть - система трубопроводов, выполняющих функции каналов.

Трубчатые оросительные системы имеют следующие **достоинства:** отсутствие потерь воды на фильтрацию и испарение, что обеспечивает высокий КПД системы (0,96—0,98) и повышает оросительную способность источников орошения; высокий коэффициент земельного использования; возможность распределения воды по орошаемой площади при сложном рельефе; благоприятные условия для осуществления автоматизации работы оросительных систем.

К недостаткам трубчатой оросительной сети (ТОС) относятся: потребность в большом количестве труб, что значительно повышает капитальные и эксплуатационные затраты; потребность в электроэнергии на создание нужного

напора в трубопроводах при отсутствии или недостаточности естественного напора.

Классификация трубчатой оросительной сети

В зависимости от способа подачи воды различают два типа закрытой оросительной сети: с самотечно-напорной закрытой или комбинированной сетью; с механической подачей воды в закрытую сеть.

В самотечно-напорной сети оросительная вода в трубопроводах транспортируется за счет напора, создаваемого естественным уклоном местности. Ее целесообразно строить на участках с уклоном от 0,003 и выше.

Оросительные *системы с механической подачей воды* применяют в тех случаях, когда уровень воды в источнике орошения ниже поверхности орошаемого участка или напор, создаваемый естественным уклоном местности, оказывается недостаточным.

В зависимости от конструкции сети ТОС делят на стационарные, полустационарные и передвижные. Стационарная сеть, в которой вода транспортируется по трубопроводам, заложенным в земле, получила наибольшее распространение.

Полустационарная сеть состоит из подземных и передвижных поверхностных трубопроводов. За счет применения передвижных полевых трубопроводов строительная стоимость этих систем снижается, но возрастают эксплуатационные затраты, так как в процессе полива трубопроводы необходимо перемещать по полю.

В передвижных системах трубопроводы располагают на поверхности земли, всю сеть можно разбирать и перемещать на другой участок.

Для устройства трубопроводов в основном применяют асбестоцементные, напорные железобетонные, напорные железобетонные со стальным сердечником, стальные, чугунные и пластмассовые трубы.

Трубчатая оросительная сеть (ТОС) состоит из следующих звеньев: ***магистральный*** или ***главный трубопровод***, ***распределительные трубопроводы различных порядков*** и ***полевые трубопроводы***.

По расположению в плане различают следующие схемы трубчатой оросительной сети: *с односторонним распределением воды*; *с двусторонним*; *тупиковая*; *закольцованная* (рис. 2.45).

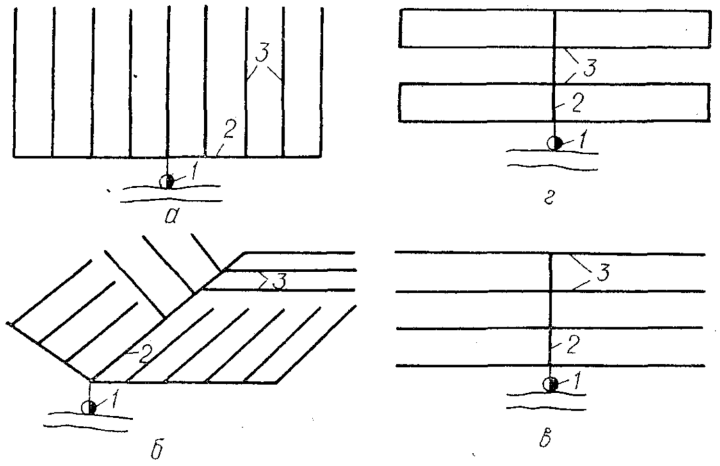


Рис. 2.45 - схемы расположения трубчатой оросительной сети:
а - односторонняя; б - двусторонняя; в - тупиковая; г - закольцованная; 1 - насосная станция; 2 - магистральный трубопровод; 3 - распределительный трубопровод

Взаимное расположение звеньев ТОС должно быть увязано с организацией орошаемой территории в плане и с техникой полива.

В зависимости от рельефа А. Н. Костяков выделяет две схемы расположения трубопроводов.

В первой схеме магистральный трубопровод (МТ) размещается по наименьшему уклону, распределители первого порядка отходят от МТ под прямым углом по наибольшему уклону, распределители второго порядка отходят от распределителей первого порядка под прямым углом по наименьшему уклону и т. д.

Во второй схеме магистральный трубопровод располагается по наибольшему уклону, а остальные звенья сети - в зависимости от этого.

Чаще всего звеном, определяющим выбор схемы расположения закрытой оросительной сети, являются полевые трубопроводы, на долю которых приходится 70…80% всей протяженности сети. Расположение полевых трубопроводов по наибольшему уклону дает экономию в капитальных затратах, позволяет в большей степени использовать естественный напор в трубопроводах, создает лучшие условия для работы дождевальных устройств.

Полевые трубопроводы рекомендуется проектировать из условий двухстороннего командования.

Расстояния между ними в зависимости от техники полива могут колебаться в пределах 200...900 м и более. Длина полевых трубопроводов обуславливает расстояние между распределительными трубопроводами и колеблется от 500 до 3000 м.

При выборе трассы трубопровода стремятся обеспечить свободный доступ к нему как при строительстве, так и при эксплуатации. Количество пересечений трубопровода с железнодорожными линиями, дорогами должно быть по возможности минимальным.

Не следует допускать значительных переломов в профиле трубопровода, поскольку они вызывают дополнительные напряжения в трубах и основании, для восприятия которых требуется строить специальные сооружения.

Для предупреждения заиления трубопроводов их полностью опоражнивают от воды на неполивной сезон.

При пересечении трубопроводов ТОС с другими вертикальное расстояние между ними принимают не менее 0,2 м.

Трубопроводы ТОС укладывают на естественный грунт. В качестве естественного основания могут служить песчаные, гравелистые или глинистые грунты (рис. 2.46). В грунтах, подверженных в значительной степени вспучиванию, трубопроводы укладывают на песчаную подушку высотой не менее 20 см.

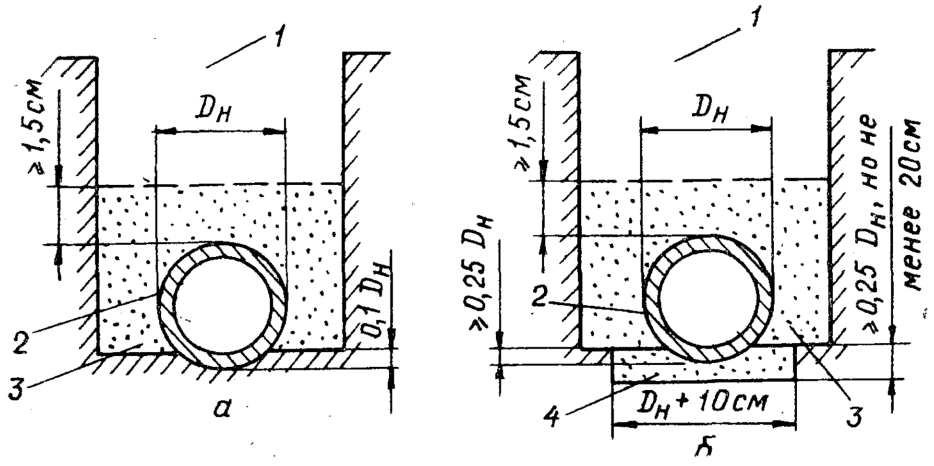


Рис. 2.46 - Способы укладки напорных трубопроводов:
а - на естественном основании; б - на песчаном основании; 1 - траншея; 2 - труба; 3 - утрамбованная засыпка; 4 - песчаное основание

2.12. Расходы воды в оросительной сети. Конструкции оросительных систем. Размеры закрытых трубопроводов и каналов

Конструкция оросительной системы зависит от комплекса природных условий района и задач проектируемого увлажнения сельскохозяйственных культур. В засушливой зоне и зоне недостаточного увлажнения орошаются практически все возделываемые культуры за исключением сравнительно небольших богарных участков. Здесь оросительные системы стационарного типа имеют большую площадь, оросительная сеть, кроме магистральных каналов, не имеет холостых участков, наличие коллекторно-дренажной сети обязательно. Такие системы обслуживают несколько хозяйств, обеспечивая получение высоких и гарантированных урожаев различных сельскохозяйственных культур.

В зоне неустойчивого увлажнения оросительные системы имеют ряд специфических особенностей. Здесь орошение является дополнением к естественным осадкам. Орошаются отдельные участки, которые составляют лишь некоторую часть посевной площади, оросительная и дренажная сети характеризуются большой разветвленностью и значительной протяженностью холостой части. Чаще всего здесь сооружают оросительные системы полустационарного, а иногда и передвижного типа.

Выбор конструкции системы во многом зависит от рельефа местности. При сложном рельефе обычно проектируют трубчатые оросительные системы с закрытой коллекторно-дренажной сетью. Большие уклоны обуславливают необходимость применения мероприятий против размыва каналов (быстротоки, перепады, крепление русел).

*Конструкция оросительной системы*_зависит и от источника орошения, его расположения по отношению к орошаемой площади. Тип водоисточника определяет конструкцию водозаборного сооружения, протяженность магистрального канала, необходимость в отстойнике. Для повышения водообеспеченности оросительной системы и коэффициента полезного использования воды в некоторых случаях создают регулирующие водохранилища.

В состав оросительных систем необходимо включать рыбозащитные и рыбопропускные сооружения: сетки с рыбоотводами, рыбоходы, рыбоподъемники, рыбопропускные шлюзы. На современном этапе в условиях государственной собственности на землю и воду особое внимание уделяют рациональному использованию природных ресурсов. В связи с этим местоположение, границу и конструкцию оросительной системы определяют с учетом наиболее полного использования территории под орошение и ориентации хозяйств, их количества, размеров севооборотных участков. Современные оросительные системы должны обеспечивать применение наиболее прогрессивных высокопроизводительных способов и техники полива. Решение вопросов технического совершенствования и поиск оптимального сочетания параметров базируется на рассмотрении совокупности случайных и закономерных событий, происходящих на оросительной системе по множеству вариантов. Наиболее рациональный путь решения вопросов поиска оптимального варианта состоит в математическом моделировании происходящих на системе процессов, связанных с выращиванием сельскохозяйственных культур, последующим компьютерным анализом всех рассматриваемых вариантов. Автоматизация процесса полива, использование АСУ и советующих систем значительно повышают конструктивную надежность и оперативность оросительных систем, производительность труда, обеспечивают рациональное использование водно-земельных ресурсов и создают условия для выращивания гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур.

Расходы в закрытой сети

Расчетный расход распределительного трубопровода **при поверхностном поливе** определяется по формуле

$$Q_{\text{рт}}^{\text{нт}} = q_{\text{р}} F_{\text{сев}}^{\text{нт}}, \qquad (2.49)$$

где $q_{\text{р}}$ - расчетная максимальная ордината укомплектованного графика гидромодуля, л/с на 1 га; $F_{\text{сев}}^{\text{нт}}$ — площадь севооборотного участка нетто, га.

Расчетный расход *полевого трубопровода* определяют по формуле

$$Q_{пт}^{нт} = mF_{пт}^{нт}/86{,}4\,t, \qquad (2.50)$$

где m- поливная норма, м^3/га; $F_{пт}^{нт}$ - площадь поля (участка), поливаемая из полевого трубопровода, га; t - продолжительность полива сельскохозяйственной культуры (принимается по укомплектованному графику гидромодуля), сут.

При поливе поливными или дождевальными машинами предварительно составляют график их работы на севооборотном участке. По укомплектованному графику работы поливных или дождевальных машин устанавливают их количество, расстановку и схему перемещения на полях, а также максимальный расход на севооборотный участок.

Расчетный расход *полевого трубопровода* принимают равным суммарному расходу поливных или дождевальных машин, одновременно работающих на данном поле:

$$Q_{пт}^{нт} = nQ_м,$$

где $Q_м$ - расход дождевальной (поливной) машины, л/с; n - количество одновременно работающих дождевальных (поливных) машин.

Максимальный расчетный расход *распределительного трубопровода*, подающего воду на севооборотный участок, равен сумме расходов, одновременно получающих из него воду полевых трубопроводов.

Гидравлический расчет трубчатой оросительной сети

Гидравлический расчет трубопроводов заключается *в подборе их диаметров* по расчетным расходам воды, определении *путевых и местных потерь напора* для установления необходимого *полного напора* в голове и по участкам оросительной системы.

На основании расчетных расходов и оптимальных скоростей движения воды в трубопроводах предварительные диаметры их подбирают по формуле

$$D = 1000\sqrt{4Q/\pi v} = 1130\sqrt{Q/v}, \text{ мм}, \qquad (2.51)$$

где Q - расчетный расход трубопровода, м^3/с; v - скорость движения воды в трубопроводе, м/с.

После этого подбирают ближайший стандартный диаметр трубы. Если подобранный диаметр значительно отличается от расчетного, необходимо определить новые расчетные скорости, соответствующие окончательно принятому диаметру.

Увеличение скорости позволяет уменьшить диаметр труб, их стоимость, повысить транспортирующую способность поток, и самоочищаемость труб от наносов. Однако при этом возрастает необходимый напор, что требует большей мощности наносов и повышает опасность разрушения трубопроводов от гидравлического удара.

Увеличение давления в трубопроводе ΔH при снижении скорости движения воды в нем для потока без нарушения его сплошности по теории Н. Е. Жуковского можно определить по формуле

$$\Delta H = (v_0 - v_1) a/q, \qquad (2.52)$$

где v_0 и v_1 - средние скорости в трубопроводе до и после закрытия задвижки, м/с; a - скорость распространения ударной волны в трубопроводе (500...1425 м/с), q - ускорение свободного падения, м/с^2.

Расчетный напор в начале трубопровода:

$$H = H_r + \Sigma h_e + \Sigma h_w + H_{св}, \qquad (2.53)$$

где $H_г$ - геодезическая разность отметок в начале и в конце расчетного участка трубопровода, м; Σh_l - потери напора на I расчетном участке по длине трубопровода, м; Σh_w - потери напора на преодоление местных сопротивлений по длине трубопровода, м; обычно местные потери в оросительных трубопроводах составляют 5...10% путевых, $\Sigma h_w = (0{,}05 \ldots 0{,}1)\,\Sigma h_l$; $H_{св}$ - свободный напор в гидранте в расчетной точке трубопровода, м.

Расчетный напор для разветвленной закрытой оросительной сети определяют по трассе трубопроводов, подводящих воду к наиболее удаленному и имеющему наибольшую отметку поверхности земли гидранту.

Потери напоров находят отдельно для каждого участка расчетной трассы трубопровода с разными расходами и диаметрами. Общие потери напора по расчетной трассе трубопровода получают, суммируя потери на отдельных ее участках.

Потери по длине h_l определяют по формуле

$$h_l = \lambda v^2 l / 2gD, \qquad (2.54)$$

где l - длина участка трубопровода, м; D - диаметр труб, м; v - скорость движения воды в трубе м/с; λ - коэффициент гидравлического сопротивления.

Закрытые оросительные системы **конструктивно** выполняются в основном в **виде труб** круглого сечения. Ниже приведены **размеры для трубных закрытых систем** выполненных из различных материалов.

Асбестоцементные трубы: напорные асбестоцементные трубы диаметром 100... 500 мм с толщиной стенки 55... 105 мм и длиной 5 м.

Железобетонные напорные трубы со стальным сердечником: диаметром 250 . . . 600 мм, длиной 5 и 10 м с толщиной стенки 40,5 ... 47,5 мм.

Стальные электросварные спиралешовные тонкостенные трубы с защитным покрытием на основе лака этиноль: диаметром 200 . .. 400 мм с толщиной стенки 1,8... 4,0 мм, длиной 5, 6, 9 и 12 м

Стальные электросварные тонкостенные трубы с внутренним цементно-песчаным и наружным битумным или этинолевым покрытием: диаметром от 219 до 530 мм.

Чугунные трубы: Диаметр чугунных труб 65... 1000 мм. Длина труб от 2 до 6м.

Пластмассовые трубы: длиной 6, 8, 10 и 12 м.

Расходы в открытой сети

Расчетные расходы каналов оросительной сети определяют на основании режима орошения сельскохозяйственных культур и потребности в воде отдельных хозяйств, а также режима источника орошения.

Если источник орошения полностью обеспечивает потребность хозяйств в воде, то каналы работают в соответствии с графиком режима орошения. При несоответствии режима водоисточника режиму орошения предусматривают введение водооборота, т. е. подачу воды в отдельные звенья оросительной системы по очереди, что ухудшает водообеспеченность почв и нарушает сроки поливов. На

оросительных системах принята следующая номенклатура расчетных расходов воды: максимальный, минимальный и форсированный (ДБН В.2.4-1-99).

Максимальный расход Q_{max} - это наибольший расход воды, который пропускает канал длительное время в соответствии с максимальной ординатой графика гидромодуля.

Минимальный расход Q_{min} - это наименьший расход воды, который требуется пропустить по каналу согласно расчетному графику гидромодуля и расчетному плану водоподачи и водооборота.

Форсированный расход $Q_{форс}$ - это увеличенный нормальный расход, который требуется пропустить по каналу короткое время в особых условиях эксплуатации.

Расходом нетто канала называют расход воды в концевой его части, а расходом брутто - расход в голове канала с учетом потерь воды по его длине.

Расходом нетто системы называют расход, подаваемый на поля, а расходом брутто - расход в голове магистрального канала.

Основным расчетным расходом является расход канала, подаваемый на севооборотный участок. $Q^{нт}_{с.о}$ Его определяют по укомплектованному графику водоподачи или вычисляют по зависимости

$$Q^{нт}_{с.о} = qF^{нт}_{с.о}, \qquad (2.55)$$

где $Q^{нт}_{с.о}$ - максимальный расход нетто на севооборотный участок, л/с; q - максимальная ордината укомплектованного графика гидромодуля, л/с на 1 га; $F^{НТ}_{С.О}$ - площадь севооборотного участка нетто, га.

Расходы всех остальных каналов оросительной сети вычисляют через $Q^{нт}_{с.о}$ с учетом общесистемного плана водопользования.

Если расход на севооборотный участок больше 250 л/с, то он распределяется между двумя или более участковыми каналами.

Расходы всех звеньев оросительной сети в пределах севооборотного участка должны быть увязаны последовательно от младших звеньев к старшим с учетом потерь:

$$\Sigma Q^{бр}_{в.о} = Q^{нт}_{вх.р}; \qquad (2.56)$$

$$\Sigma Q^{бр}_{вх.р} = Q^{нт}_{с.о}$$

Если из **хозяйственного распределителя** осуществляется подача воды *по отдельным каналам* на участки, занятые монокультурой, садами, виноградниками, на приусадебные участки, то расход его определяют по зависимости

$$Q_{\text{х.р}}^{\text{нт}} = \Sigma Q_{\text{с.о}}^{\text{бр}} + \Sigma Q_{\text{уч}}^{\text{бр}} \qquad (2.57)$$

Расход межхозяйственного распределителя равен сумме расходов хозяйственных каналов, получающих из него вод $Q_{\text{мх.р}}^{\text{нт}} = \Sigma Q_{\text{х.р}}^{\text{бр}}$.

Расход магистрального канала: $Q_{\text{м.к}}^{\text{нт}} = \Sigma Q_{\text{мх. р}}^{\text{бр}}$.

Расчетные расходы оросительной сети каналов при дождевании определяют на основании графика поливов, учитывающего количество и параметры дождевальной техники. Расходы временных оросителей назначают в соответствии с расходом дождевальной машины. Количество оросителей, одновременно работающих на поле, а следовательно, и дождевальных машин, определяют при составлении графика поливов. Для этого получают продолжительность полива поля одной дождевальной машиной по зависимости, сут.

$$t = \frac{mF_{n}^{нт}K_{исп}}{86{,}4Q_{м}K_{сут}}, \qquad (2.58)$$

где m - расчетная поливная норма, м^3/га; $F_{\text{п}}^{\text{нт}}$ - площадь поля севооборота, занятая данной культурой, га; $K_{\text{исп}}$ - коэффициент, учитывающий потери воды на испарение при дождевании (затраты воды на создание микроклимата в процессе дождевания); $Q_{\text{м}}$ - расход дождевальной машины, л/с; $K_{\text{сут}}$ - коэффициент использования времени суток.

Максимальный расход участкового канала в этом случае равен сумме расходов одновременно работающих дождевальных машин (временных оросителей) на поле: $Q_{\text{в х. р}}^{\text{нт}} = \Sigma Q_{\text{во}}^{\text{бр}}$.

Минимальный расход воды старших ***оросительных каналов*** определяют как сумму расходов участковых распределителей. Для обеспечения условий незаиляемости каналов расход воды в них должен быть не менее 40% максимального.

При изменении условий водооборота, состава культур или площади под влаголюбивыми культурами, а также в сильно засушливые периоды возникает необходимость в пропуске форсированных (повышенных) расходов воды по каналам. Форсированный расход воды необходимо принимать равным максимальному расходу, увеличенному на коэффициент форсировки $к_ф$: для межхозяйственных и хозяйственных распределителей при расходе воды менее 1 м^3/с - $k_Ф$=1,2; то же от 1 до 10 м^3/с - $k_Ф$=1,15, а свыше 10 м^3/с - $k_Ф$=1,1. Расходы внутрихозяйственных распределителей и временных оросителей, работающих поочередно, не форсируются.

Конструкции и размеры каналов

Поперечное сечение и продольный профиль канала должны обеспечивать бесперебойную подачу воды на поля, неразмываемость и незаиляемость их русла, минимальную фильтрацию, возможность строительства существующими машинами и механизмами. Уровень воды в старших каналах должен командовать над уровнем воды в младших, а во временных оросителях при поверхностном способе полива - над поверхностью орошаемого поля.

Конструкция каналов в земляном русле определяется: расходом канала; требуемой величиной командования канала; характером грунта, в котором он прокладывается; назначением канала и расположением его на местности; формой поперечного сечения; габаритами рабочего органа механизмов, применяемых для прокладки каналов.

Форму поперечного сечения каналов выбирают в зависимости от их размеров, характера грунтов основания и способа производства работ. Формы каналов показаны на рис. 2.47.

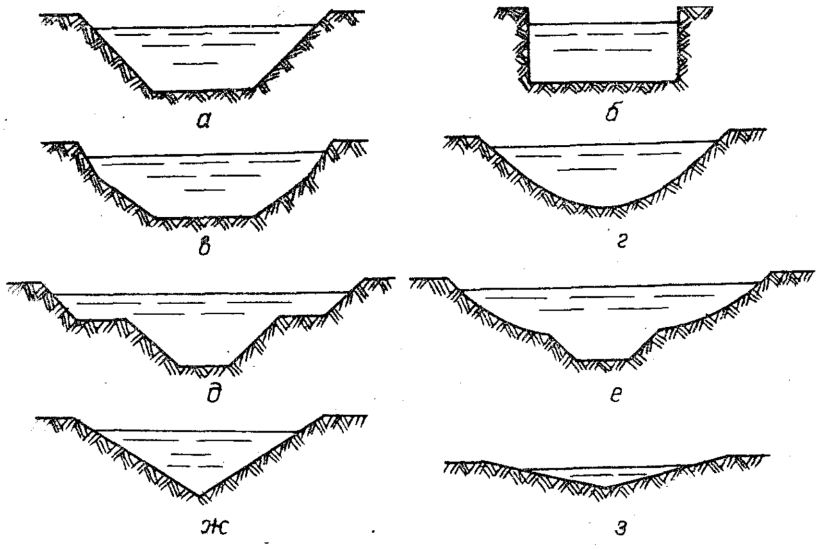


Рис. 2.47 - Формы поперечного сечения каналов:
а - трапецеидальная; б - прямоугольная; е- полигональная; г- параболическая; д, е- составная; ж - треугольная; з - ложбинообразная

Каналы средней и малой пропускной способности, как правило, имеют трапецеидальную форму.

Каналы прямоугольного сечения с креплением дна и стенок проектируют редко (например, на косогорах, в сыпучих или сильно фильтрующих грунтах).

Каналы глубиной более 4… 5 м часто строят с полигональной формой сечения, устойчивой и гидравлически более выгодной, чем трапецеидальная.

Сечения параболической формы неудобны для выполнения, но во всех других отношениях являются наилучшими.

Сечения составной формы целесообразны в тех случаях, когда по каналам в течение краткого периода времени пропускаются большие расходы, а в остальное время - малые.

Треугольная форма сечения характерна для выводных борозд и временных оросителей. Этим же каналам для удобства прохода через них сельскохозяйственных машин может придаваться ложбинообразный профиль.

По условиям производства работ с учетом рельефа каналы разделяют на четыре типа: в выемке, полувыемке-полунасыпи; в насыпи; на косогоре.

Каналы в выемке (рис. 2.48). На участках, где не требуется обеспечения командования над поверхностью земли, а также в случаях, когда уклон канала

принимают меньше, чем уклон местности по его трассе, каналы предпочтительнее строить в выемке.

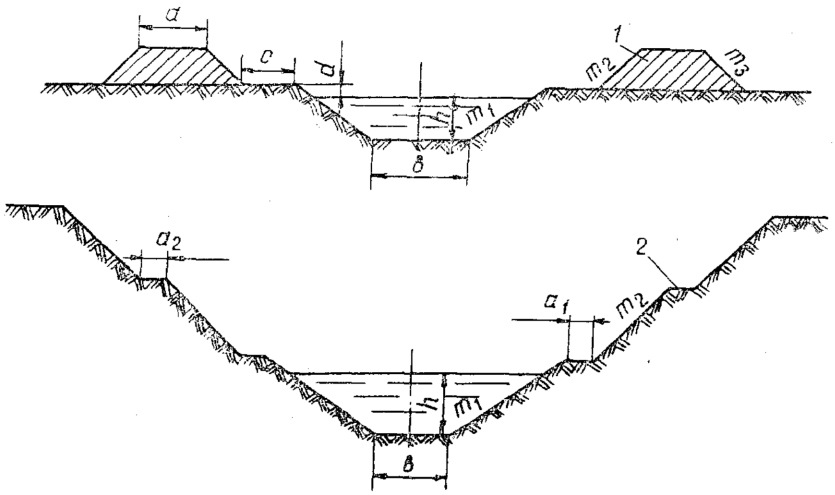


Рис. 2.48 - Сечения каналов в выемке:
1 - кавальер; 2 - берма

Каналы в полувыемке-полунасыпи приведены на рисунке 2.49. При прохождении каналов в глубоких выемках для предупреждения случайных деформаций откосов и возможности механизированной очистки канала устраивают бермы. Ширину бермы принимают равной $d=(t-H)/2$, где $t-H$ ~ глубина выемки над бермой, но не менее 1м.

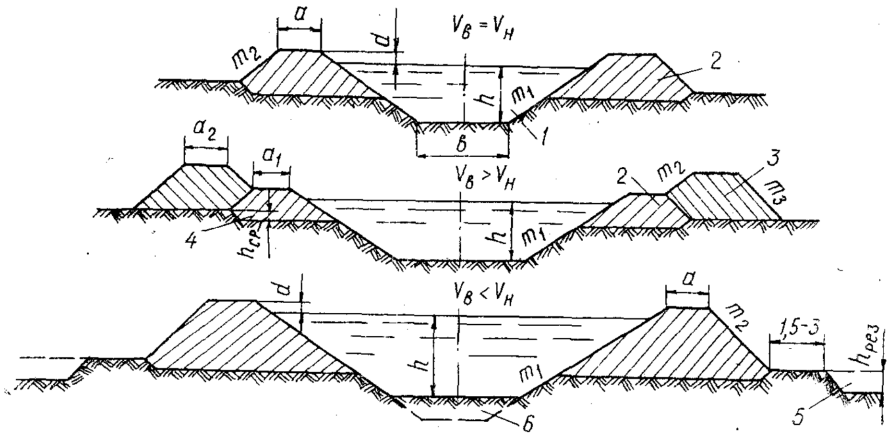


Рис. 2.49 - Поперечные сечения каналов в полувыемке-полунасыпи :
1 - выемка; 2 - насыпь с послойным уплотнением; 3 - отвал или кавальер; 4 - срезка растительного слоя; 5 - наружный резерв; 6 - внутренний резерв

Каналы в насыпи (рис. 2.50) применяют, когда трасса канала проходит по пониженным местам рельефа или по плоскому безуклонному рельефу и требуется обеспечить командование над орошаемой территорией.

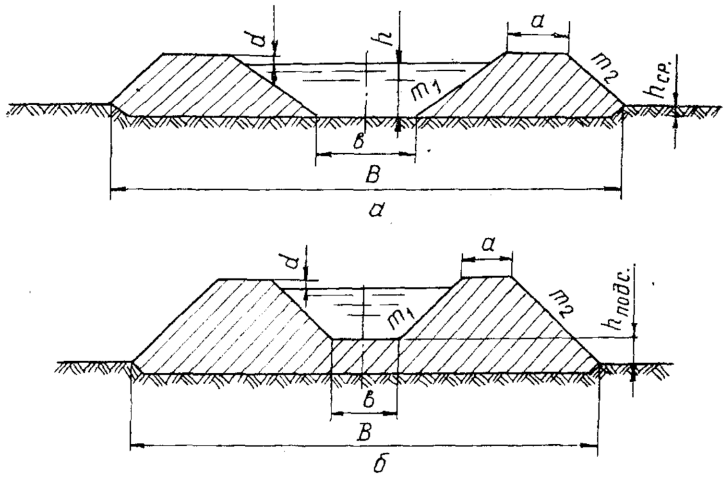


Рис. 2.50 - Сечения каналов в насыпи:
а - без насыпного дна; б - с насыпным дном

Расстояние между подошвой откоса дамбы и бровкой внешнего резерва грунта должно быть не менее 1,5 м при глубине резерва до 0,5 м и не менее 3 м при глубине резерва 0,5 м и более. Воду из внешних резервов отводят в водосбросную сеть.

Канал на косогоре (рис. 2.51). При проектировании каналов на косогорах с крутизной ската до 20° поперечное сечение канала, проложенное в глинистых грунтах, необходимо принимать таким, чтобы поверхность земли проходила через точку пересечения откоса с форсированным уровнем воды в канале. Для повышения устойчивости дамбы рекомендуют придавать ступенчатое очертание линии сопряжения тела дамбы с основанием. При этом с верховой стороны косогора предусмотрена берма шириной не менее 1 м.

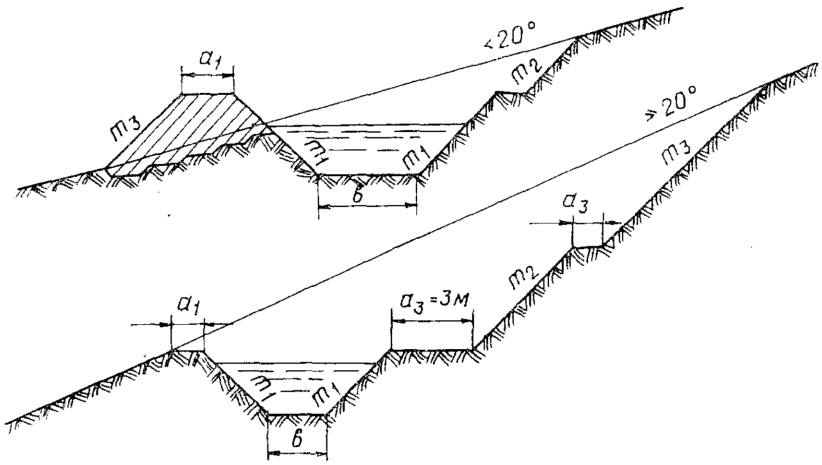


Рис. 2.51 - Сечения каналов на косогорах

При устройстве каналов на косогорах с крутизной ската 20° и более поперечное сечение канала надлежит принимать полностью в выемке с устройством с верховой стороны косогора бермы шириной не менее 3 м.

Откосы постоянных каналов оросительных систем закладывают с учетом устойчивости откосов существующих каналов, эксплуатируемых в аналогичных условиях. При отсутствии таких аналогов величины заложения откосов каналов глубиной до 5 м принимают в соответствии с данными, приведенными в табл. 2.8, а более глубоких каналов - на основании расчетов в соответствии с рекомендациями СНиП.

Фильтрация воды из трапецеидальных каналов, работающих без подпора, будет минимальной при наиболее выгодном соотношении между шириной канала по дну *b* и его глубиной *h,* определяемой по формуле $\beta = b/n$.

Наибольшей пропускной способностью при заданной площади поперечного сечения обладают каналы, имеющие гидравлически наивыгоднейшее сечение.

Таблица 2.8 - Заложение откосов каналов H<5м

Грунт, в основании русла Канала	Подводные откосы	Надводные откосы
Скала: невыветрившаяся	0,1..0,25	0
выветрившаяся	0,25..0,5	0,25
Полускальный водостойкий грунт	0,5...1,0	0,5
Галечник и гравий с песком	1,25...1,5	1,0
Глина, суглинок твердый и полутвердый	1,0...1,5	0,5... 1,0
Суглинок мягкопластичный,	1,25...2,0	1,0..1,5
Супесь	1,25...2,0	1,0..1,5
Песок:		
мелкий	1,5...2,5	2,0
пылеватый	3,0..3,5	2,5

Для предварительного выбора размеров канала необходимы: глубина наполнения: $h = A\sqrt[3]{Q}$, где A - коэффициент, равный 0,7...1,0; отношение ширины по дну к глубине наполнения:

$$\beta = b/h = 3\sqrt[3]{Q} - m \ , \qquad (2.59)$$

где m — коэффициент заложения откоса.

В практике принимают: $b = (1 \ldots 2)\,h$ при Q<1 м^3/с; b=(1... 3)h при Q = 1...3 м^3/с и $b = (2 \ldots 6)\,h$ при Q = 3...5 м^3/с.

Ширину канала по дну стандартизуют и принимают: 0,4; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 2,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0 м и т. д.

2.13. Источники орошения

Источниками воды для орошения и обводнения могут быть реки в естественном и зарегулированном состоянии, местный поверхностный сток, подземные, сточные, дренажно-сбросные и морские воды.

К водоисточникам предъявляют такие требования: вода должна быть пригодна для орошения, а при обводнении - для обеспечения бытовых и хозяйственных нужд; запасы и расход ее в водоисточнике должны полностью удовлетворять нуждам орошения.

Пригодность воды для орошения определяется взаимодействием различных факторов. Важнейшие из них следующие: общее содержание солей в воде; химический состав воды; механический состав и водно-физические свойства почвы, содержание и состав солей в почве; дренированность территории. Для большинства сельскохозяйственных растений безвредна вода с минерализацией до 1 г/л.

Источник орошения должен обеспечивать потребность в воде в течение всего поливного сезона. Если в отдельные периоды водоисточник имеет меньший расход, чем требуется для полива, то его режим следует согласовать с режимом орошения путем регулирования, приспособления режима орошения

культур к режиму водоисточника, одновременного регулирования водоисточника и изменением режима работы оросительной системы.

Оросительную способность водоисточника *(F,* га) определяют по формуле

$$F = W\eta / M_{\text{ср.взв}}, \tag{2.60}$$

где W - объем воды, забираемой для орошения, м^3; η - КПД оросительной системы; $M_{\text{ср. взв}}$ - средневзвешенная оросительная норма, которую находят как:

$$M_{\text{ср. взв}} = \frac{M_1\alpha_1 + M_2\alpha_2 + \cdots + M_n\alpha_n}{100} \tag{2.61}$$

Здесь M_1, M_2,..., M_n - оросительные нормы брутто отдельных культур, входящих в севооборот, м^3/га; α_1, α_2,..., α_n - содержание культур в севообороте, %.

Основные источники орошения и обводнения - реки

В зависимости от условий формирования водного режима, а следовательно, характера гидрографа, а также рельефных условий водосбора реки делят на равнинные и горные.

Равнинные реки имеют малые уклоны и занимают более низкое положение по отношению к окружающей территории. Орошение из равнинной реки обычно производится с помощью насосных станций или устройства плотины.

Воды основных равнинных рек (Волга, Дон, Днепр и др.) пресные, содержат мало наносов, питаются за счет грунтовых вод и осадков. Наибольший расход проходит по ним весной в период таяния снегов, когда потребность в орошении незначительна. Использовать эти паводковые воды можно путем устройства водохранилищ, вода из которых в летнее время используется для орошения и обводнения. Разновидность равнинных — степные реки. Источником питания для них служат в основном зимние атмосферные осадки. Максимальные расходы в степных реках наблюдаются весной, сокращаясь до нуля в летний период. Для использования их стока необходимо сооружать водохранилища. Горные реки имеют большие уклоны, содержат значительное количество наносов (до 4 кг/м^3), питаются за счет снегов и ледников, поэтому основ-

ной паводок на них бывает в самое жаркое время года - летом, что позволяет наиболее полно использовать их на орошение без строительства водохранилищ.

При орошении из реки с незарегулированным стоком сравнивают гидрограф реки 85…90%-ной обеспеченности с расходами, необходимыми для орошения. Если в отдельные периоды расходы на орошение равны расходам реки, то обеспечить оросительную систему водой самотеком можно только при плотинном водозаборе. Если расходы на орошение превышают расходы в реке, то устраивают регулирующие водохранилища или резервуары. В зависимости от продолжительности накопления воды и последующего ее использования регулирование может быть суточным, недельным, сезонным (годичным), многолетним.

Суточное и недельное регулирование применяют чаще всего при использовании подземных вод, когда в ночное время воду накапливают в резервуарах или бассейнах, а днем забирают на орошение или водоснабжение. Сезонное или годичное регулирование состоит в перераспределении стока в течение одного года. Для этой цели на реке создают водохранилище, в котором в период паводка сток полностью или частично задерживается, и используют его в поливной период. Сезонное регулирование применяют в том случае, когда годовое потребление воды меньше годового стока расчетной обеспеченности (70…97%).

Многолетнее регулирование стока применяют в тех случаях, когда потребление воды превышает сток расчетной обеспеченности. При этом воду запасают в водохранилище в многоводные годы, а используют на орошение и обводнение в маловодные годы.

При сезонном регулировании стока объем водохранилища принимают равным 20...70%, а при многолетнем - 120...170% среднемноголетнего стока.

Регулирующее водохранилище располагают на реке или в стороне от нее с питанием речной водой через подводящий канал (рис. 2.52). Они могут наполняться по подпитывающему каналу водой весеннего стока реки и водой, стекаю-

щей с водосборной площади. Водохранилища, расположенные в стороне от реки, получают только часть речных наносов, поэтому они меньше заиляются.

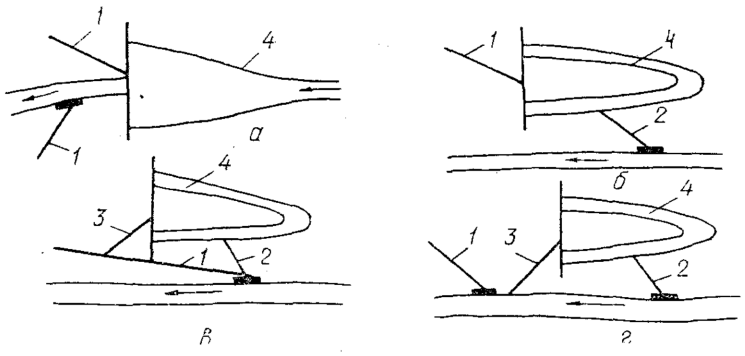


Рис. 2.52 - Схемы расположения регулирующих водохранилищ:
1 - магистральный канал; 2 - подводящий канал;
3 - подпитывающий канал; 4 - водохранилище

Орошение подземными водами

Орошение подземными водами широко развито в отдельных странах мира. В США подземными водами орошается 40%, а в Индии - 30% орошаемых земель. В СНГ подземными водами поливают около 10% орошаемой площади, в основном на юге Украины, в Армении, Азербайджане, Туркмении.

Подземные воды делятся на верховодку, грунтовые и артезианские.

Верховодка - временный водоносный горизонт, образующийся на линзах и прослойках слабопроницаемых пород при просачивании атмосферных осадков, поверхностных и поливных вод.

Грунтовые воды залегают на первом от поверхности земли водонепроницаемом или слабопроницаемом водоупоре.

Артезианские воды залегают в водопроницаемых грунтах, заключенных между водонепроницаемыми слоями и находятся под напором. В артезианских скважинах уровень воды поднимается выше отметки вскрытия и часто выше поверхности земли. Встречаются они чаще всего в предгорных районах и в пределах равнинных впадин. Обычно эти воды слабо минерализованы и имеют дебит 25...100 л/с и более.

Качество подземных вод оценивают по их физическим свойствам (температура, прозрачность, вкус, запах, цвет, электропроводимость, радиоактивность), химическому составу (минерализация, содержание ионов HCOз, CI, SO_4, Ca, Mg, Na, реакция воды pH, жесткость, агрессивность, наличие железа, газов, микрокомпонентов), содержанию органических веществ и по бактериологическому составу.

Для орошения пригодна вода с температурой не ниже 14 °С.

По минерализации подземные воды делят на пресные (до 1 г/л), слабоминерализованные (1…3 г/л), солоноватые (3...10 г/л), соленые (10...25 г/л), сильносоленые (25...50 г/л), и рассолы (более 50 г/л). По своему химическому составу вода должна быть доступна для растений и не вызывать засоления и осолонцевания почвы. Химический состав определяют с помощью анализов. Пригодность воды для орошения оценивают по общей минерализации, содержанию натрия и соотношению его с кальцием и магнием.

При использовании для орошения солоноватых и соленых вод их следует разбавлять пресными и поливать только хорошо дренированные почвы, применяя промывной режим орошения.

Достоинства использования подземных вод для орошения - получение воды на месте без строительства дорогостоящих водозаборных и проводящих сооружений. Однако не всегда подземные воды годятся для поливов из-за малого дебита и высокой минерализации. Для орошения пригодны воды с дебитом скважин не менее 15 л/с.

Типы водозабора для орошения зависят от характера подземных вод. В предгорных районах грунтовые воды можно вывести на поверхность с помощью горизонтальных подземных галерей. При залегании подземных вод на глубине до 40 м устраивают шахтные, а при большей глубине - трубчатые колодцы (рис. 2.53).

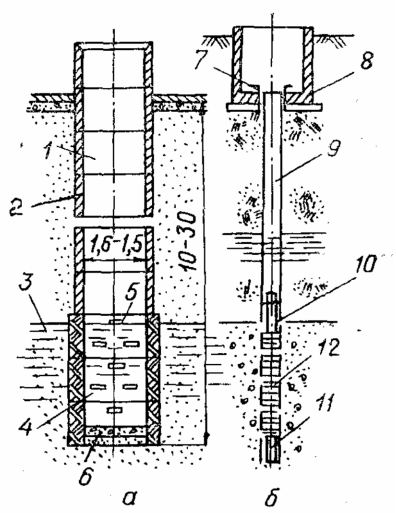


Рис. 2.53 - Схемы шахтного (а) и трубчатого (б) колодцев:

1 - шахта; 2 - крепление шахты; 3 - водоносный слой; 4 - водоприемная часть; 5 - водоприемные отверстия; 6 - донный фильтр; 7 - оголовок; 8 - устье колодца; 9 - эксплуатационная колонна; 10 - фильтр (рабочая часть); 11 - отстойник; 12 - надфильтровая труба с сальником

Орошение подземными водами имеет такие особенности: незначителный дебит скважин; в воде отсутствуют наносы; температура воды ниже 12°С; водоисточник расположен рядом с орошаемым участком, площадь которого обычно составляет 15...100 га.

Как показал опыт, при орошении подземными водами наиболее целесообразно создавать крупные орошаемые участки площадью 400...600 га. Для более полного использования подземных вод и увеличения площади орошения необходимо устраивать регулирующие резервуары (бассейны) суточного и сезонного регулирования. Если объем воды, который дает скважина или группа скважин, больше объема воды, требуемого для орошения за тот же период, то устраивают резервуары суточного регулирования, наполняемые в перерывах между поливами.

Если суточный объем воды из скважины или группы скважин меньше суточного расхода воды, необходимого для орошения, то сооружают резервуары сезонного регулирования.

Регулирующие резервуары позволяют не только увеличить размеры орошаемой площади, но и аэрировать и подогревать подземные воды перед поли-

вом. При большой емкости регулирующие бассейны превращают в крупные водохранилища годового регулирования.

В целях охраны от истощения, восполнения запасов осуществляют искусственное пополнение запасов подземных вод за счет самотечной или напорной инфильтрации.

Самотечная инфильтрация предполагает: затопление обвалованной площади; устройство специальных бассейнов с водопроницаемым дном и густой сетью мелких каналов; использование русел постоянных и временных водотоков, выработанных шахт, карьеров.

Орошение местным стоком

Местный сток образуется за счет весенних талых и ливневых вод, стекающих с водосборных площадей в потяжины, лощины, балки, овраги и реки, а также в озера и замкнутые понижения.

В обширных и засушливых степях северной части Казахстана, Поволжья, западной степной части Сибири местный сток является единственным и наиболее надежным источником орошения и обводнения.

Наиболее эффективным является комплексное использование местного стока и подземных вод, когда в зависимости от почвенных, гидрологических условий и рельефа местности создаются пруды и водохранилища, осуществляются агротехнические приемы, задерживающие местный сток непосредственно на полях, одновременно решаются задачи водоснабжения, обводнения и рыборазведения.

Для этого составляют бассейновые схемы комплексного использования вод местного стока. При составлении схемы рассчитывают баланс водных ресурсов бассейна на расчетный год. Потребление воды подсчитывают в соответствии с количеством водопотребителей и нормами водопотребления. Приток воды находят гидрологическим расчетом. Полезный объем воды, который может быть использован водопотребителями, определяют для конкретных условий бассейна водохозяйственными расчетами в соответствии с нормами проектирования.

Выбор места для пруда, сооружений и орошаемого участка. Прудом считается водоем, образуемый плотиной, емкость которого не превышает 2 млн. $м^3$. Водоемы, создаваемые плотинами, но имеющие большую емкость, называют водохранилищами; они представляют собой более капитальный комплекс сооружений.

Для проектирования прудов проводят необходимые полевые изыскания. Гидрологические изыскания проводят для выяснения естественного режима водотока, изменения уровней и расходов воды, режима наносов и зимнего режима, определения водосборной площади.

Пруд располагают на небольшом расстоянии от основного потребителя. При использовании воды для орошения необходимо, чтобы положение створа плотины обеспечивало самотечную подачу воды на орошаемый участок. Если самотечный забор воды из пруда невозможен, то положение створа плотины выбирают таким образом, чтобы длина напорного трубопровода, подающего воду от насосной станции к орошаемому участку, и высота подъема воды были наименьшими. В процессе гидрологических расчетов вычерчивают топографическую характеристику водоема (рис. 2.54), определяют потребность хозяйства в воде, характерные объемы воды в пруду и соответствующие им отметки уровней, а также сбросной расход.

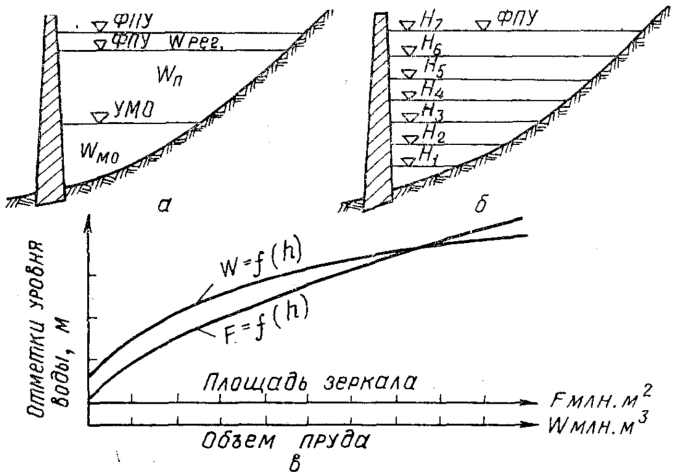


Рис. 2.54 - Характеристики пруда:
а - основные элементы пруда; б - схема для подсчетов объемов пруда; в - топографическая характеристика пруда

Типы водозаборных сооружений

При самотечном отводе воды из реки в оросительную сеть применяют два основных типа водозаборных сооружений: *бесплотинный* и *плотинный*; при напорном орошении – *машинное орошение и подземное орошение.*

Бесплотинный водозабор устраивают в тех случаях, когда уровни и расходы воды достаточны для самотечной подачи воды в систему. Забирают они обычно до 20% расхода реки и сооружаются на устойчивых вогнутых берегах рек, чтобы уменьшить поступление наносов в каналы. Наиболее совершенны бесплотинные водозаборы с головными регуляторами. На головных участках магистральных каналов перед регуляторами можно сооружать отстойники и боковые сбросы. В боковой отвод поступает большое количество донных наносов, поэтому боковой сброс может удалить значительное количество наносов из канала. Основные схемы речных бесплотинных водозаборов показаны на рис. 2.55.

Плотинный — лучший тип речных водозаборов, позволяющий забирать из реки часть или весь расход. Плотинные водозаборы строят на устойчивых участках рек с трудноразмываемыми берегами и дном. Некоторые схемы плотинных водозаборов показаны на рис. 2.56.

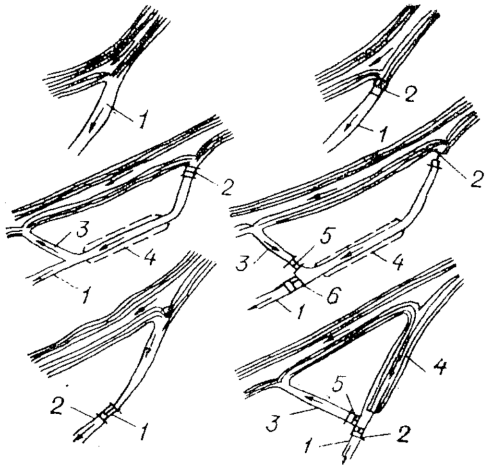


Рис. 2.55 - Схемы речных бесплотинных водозаборов:
1 - магистральный канал; 2 - головной регулятор; 3 - сброс;
4 - отстойник;5 - сбросное сооружение; 6 - подпорное сооружение

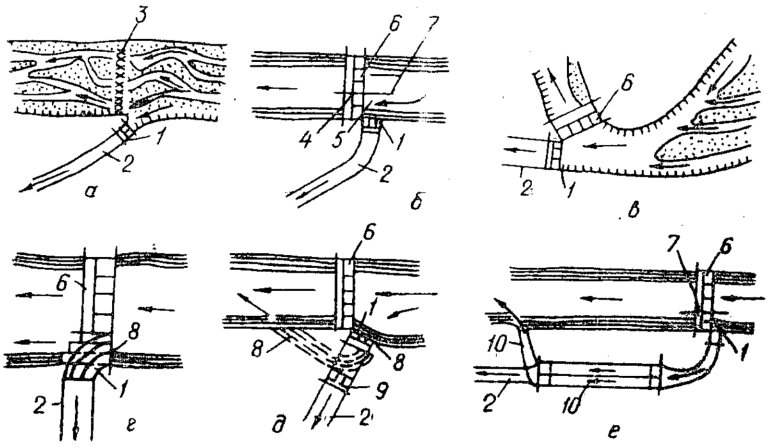


Рис. 2.56 - Плотинные водозаборные узлы сооружений:
а - с временной плотиной; б - карманного типа; в - ферганского типа; г - с фронтальным водозабором; д - с наносоперехватывающими галереями; е - с отстойником; 1 - головной регулятор; 2 - магистральный канал; 3 - временная плотина; 4 - промывной шлюз; 5 - карман; 6 - водоподъемная плотина; 7 - раздельная стенка; 8 - наносопромывочная галерея; 9 - водоподпорное сооружение; 10 - отстойник

Около 80% оросительных систем в СНГ сооружено с бесплотинным водозабором, 10% - с плотинным, 5% - с машинным орошением и 5% - с использованием для орошения подземных вод.

2.14. Сооружения на оросительных системах

Сооружения на каналах

В зависимости от назначения гидротехнические сооружения на каналах подразделяют на шесть групп: водовыпускные, регулирующие расходы воды; водоподпорные (перегораживающие), регулирующие уровни воды; сопрягающие, предназначенные для сопряжения бьефов; водопроводящие, предназначенные для транспортирования воды через препятствия; наносоулавливающие - для задержания наносов; водомерные.

Сооружения на каналах различают типовые, имеющие одинаковую конструкцию, и индивидуальные. Первые строят по типовым проектам, а вторые - по индивидуальным.

Как типовые, так и индивидуальные гидротехнические сооружения делят на монолитные, сборные и комбинированные, открытые и закрытые (трубчатые), регулируемые и нерегулируемые (с затворами и без них).

Водовыпуски (регуляторы) располагают в голове всех распределителей и временных оросителей для регулирования подачи воды в них из каналов старшего порядка.

На каналах с большими расходами и малыми гидравлическими перепадами строят шлюзы-регуляторы одно- и многопролетные. Для пропуска малых расходов при большом гидравлическом перепаде (0,5 м и более) применяют трубчатые водовыпуски.

Водовыпуски строят с переездом и без переезда и оборудуют плоскими или сегментными рабочими затворами. Схемы водовыпусков показаны на рис. 2.57.

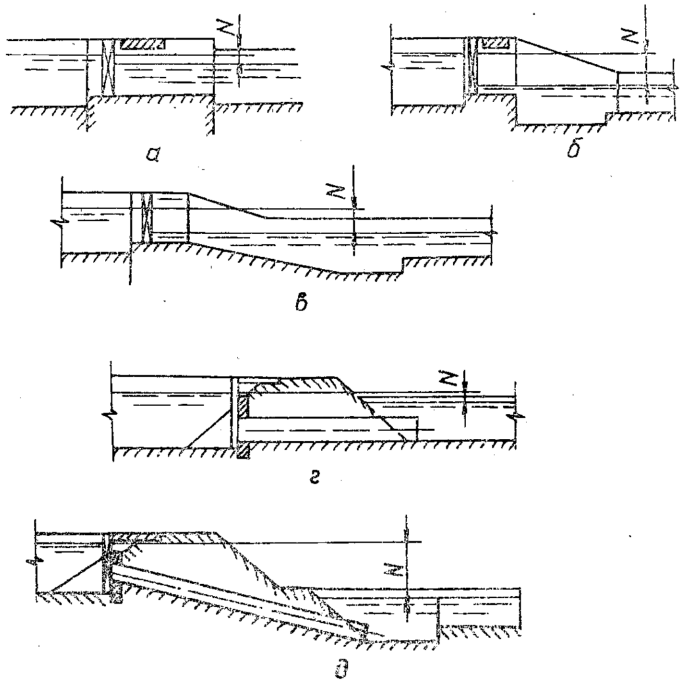


Рис. 2.57 - Схемы водовыпусков:
а - открытый; б - открытый с перепадом; в - открытый с быстротоком; г - трубчатый; д - трубчатый, совмещенный с перепадом

Водоподпорные (перегораживающие) сооружения предназначены для поддержания в каналах необходимых командных уровней воды и представляют собой водовыпуски с затворами, которыми полностью или частично перекрывают водный поток и тем самым создают подпор уровня воды в канале. Проек-

тируют их на старших каналах за водовыпусками в младшие каналы. Это дает возможность обеспечить подачу воды в младшие каналы в порядке очередности без значительного увеличения высоты дамб и сброса воды из старшего канала.

Роль водоподпорных сооружений могут выполнять оборудованные затворами сопрягающие, проводящие и сбросные сооружения.

Сопрягающие сооружения. Когда при трассировании канала скорости течения оказываются больше допустимых на размыв, применяют сопрягающие сооружения-перепады и консольные сбросы (рис. 2.58).

Перепад - это гидротехническое сооружение, выполненное в виде ступеней для сосредоточенного падения воды в канале. Гашение энергии падающей воды осуществляется в водобойном колодце. В зависимости от уклона и длины склона проектируют одноступенчатые и многоступенчатые перепады. В конце сбросных каналов проектируют консольные перепады, которые располагают на участках с крутым склоном или у обрыва, где из-за превышения допустимой скорости нельзя применять быстроток.

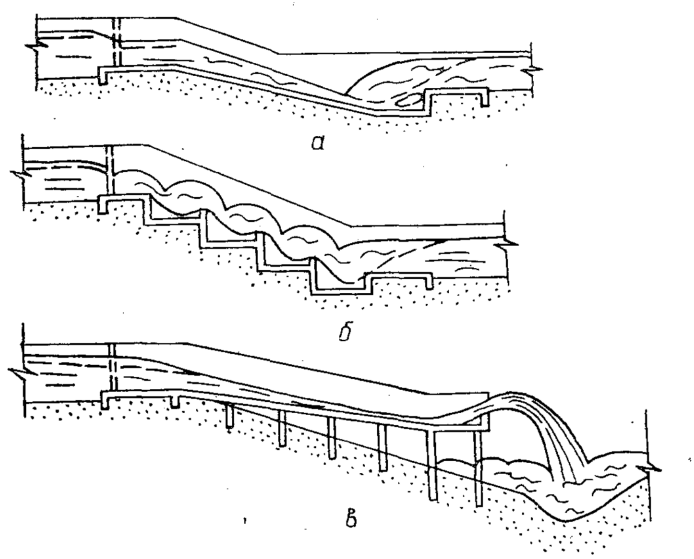


Рис. 2.58 - Схемы сопрягающих сооружений:
а- быстроток; б - многоступенчатый перепад; *в* - консольный сброс

Быстроток - это бетонный наклонный лоток, соединяющий два канала, расположенных на разных уровнях. Лоток соединяется с верхним каналом входом в виде раструба, а с нижним — выходом в виде водобойного колодца.

Сопрягающие сооружения располагают на старшем канале за водовыпусками в младшие каналы, чтобы обеспечить самотечную подачу воды в последние.

Водопроводящие сооружения предназначены для транспортирования воды на участках пересечения каналов с естественными(балки, овраги, реки) или искусственными (каналы, дороги, насыпи) препятствиями. К ним относятся дюкеры, акведуки, лотки, водопропускные трубы, туннели.

Дюкерами называют напорные трубопроводы, устраиваемые для транспортирования воды под каналами, дорогами, реками, балками и др. Основные части дюкера - входной и выходной оголовки и напорные трубы (рис. 2.59).

Акведук представляет собой лоток на опорах для переброски воды через местные понижения рельефа (овраги, долины). Он состоит из входного и выходного оголовков и лотка с опорами.

Его применяют в случаях, когда естественные отметки расположены на 1...20 м ниже дна канала.

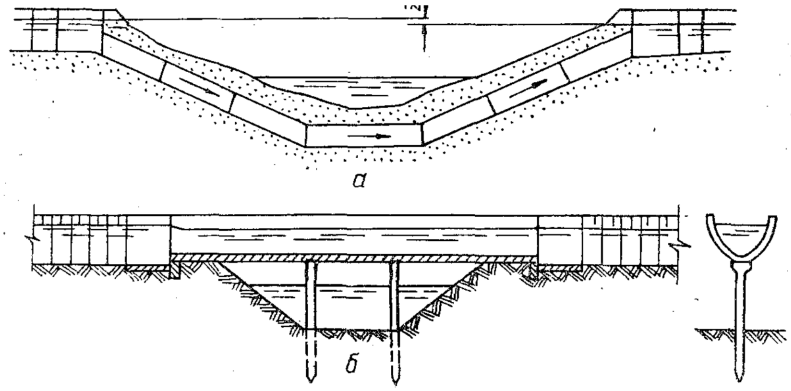


Рис. 2.59 - Схемы водопроводящих сооружений:
а - дюкер; б - акведук

Бетонные и железобетонные лотки устраивают вместо каналов на косогорных участках для уменьшения объема выемки грунта с нагорной стороны и на участках, где наблюдаются оползневые и просадочные явления.

Водопропускные трубы применяют при пересечении каналов с насыпями дорог, каналов, а также для пропуска под каналом поверхностных вод. Для уст-

ройства их обычно используют круглые железобетонные трубы заводского изготовления. Трубы под дорогами называют трубами-переездами.

Туннели на оросительных системах строят при пересечении каналами больших возвышенностей, при переброске воды из бассейна одной реки в бассейн другой. Для переезда через каналы строят мосты.

Наносоулавливающие сооружения в виде отстойников служат для задержания песчаных наносов и недопущения их в оросительную сеть из источника орошения. Это расширенные и углубленные участки канала, в которых поток существенно уменьшает скорость, благодаря чему происходит выпадение наносов.

Узлы сооружений. Для удобства эксплуатации и удешевления строительства отдельные сооружения на каналах объединяют в узлы (рис. 2.60).). В этом случае общей для всех сооружений, входящих в узел, является понурная часть и водоподпорная стенка по фронту водозаборных отверстий.

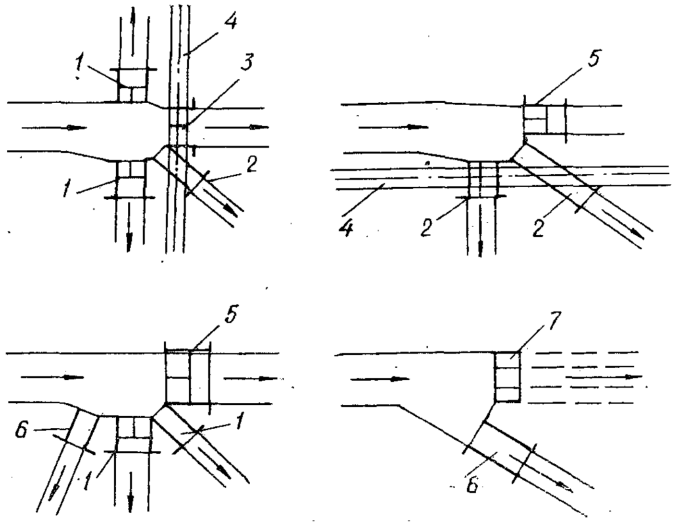


Рис. 2.60 - Схемы узлов сооружений на оросительных каналах:

1 - водовыпуски; 2 - водовыпуски с переездом; 3 - мост; 4 - дорога; 5 - водоподпорное сооружение; 6 - сброс; 7 - дюкер

Арматура и сооружения на трубчатой оросительной сети

Для обеспечения нормальной работы трубчатой сети предусматривают установку специальной арматуры и сооружений: фасонных частей, гидрантов-

водовыпусков, регуляторов расхода и давления, вантузов и клапанов, компенсаторов, предохранительной арматуры, промежуточных и концевых сбросов.

Арматуру и устройства размещают, как правило, в специальных колодцах.

Фасонные части. При устройстве на трубопроводах ответвлений, поворотов, переходов от одного диаметру к другому и установке арматуры применяют стальные фасонные части: тройники, крестовины, переходы, колена, патрубки, рассчитанные на давление до 1,6 МПа.

Тройники устанавливают в местах ответвления трубопровода младшего порядка от трубопровода старшего.

Крестовины монтируют в местах ответвления двух трубопроводов младшего порядка от трубопроводов старшего порядка.

Переходы устанавливают в местах смены диаметров трубопровода, а отводы — в местах поворота трубопровода. Отвод с углом 90° называют коленом.

Патрубки применяют для соединения трубопроводов с регулирующей, запорной и другими видами арматуры на сети.

Гидрантами-водовыпусками на системах с подземными трубопроводами называют сооружения или устройства для подключения к трубопроводам поливных шлангов, дождевальных машин или разборных наземных трубопроводов. Их разделяют на наземные и подземные и обычно располагают на полевых трубопроводах.

По условиям применения все гидранты делят на пять типов: гидрант-водовыпуск, гидрант концевой, гидрант со сбросом концевой, гидрант с вантузом, гидрант концевой с вантузом (рис.2.61).

Регуляторы расхода. Для регулирования расходов и напоров, а также выключения из работы тех или иных трубопроводов наиболее часто применяют задвижки и дисковые затворы.

Задвижки устанавливают в начале полевых трубопроводов и в начале распределительных, ответвляющихся от трубопроводов старшего порядка, а также на гидрантах-водовыпусках.

Вантузы и клапаны для выпуска и впуска воздуха. Вантузы предназначены для автоматического удаления воздуха из трубопровода в период его заполнения и эксплуатации, а также для автоматического впуска воздуха в трубопровод при образовании вакуума. Их устанавливают в повышенных точках перелома продольных профилей трубопроводов и в конце при положительных уклонах.

Клапан для впуска и защемления воздуха предназначен для предотвращения образования вакуума при опорожнении трубопровода, а также для смягчения процессов гидравлических ударов, возникающих при аварийном отключении насосных станций.

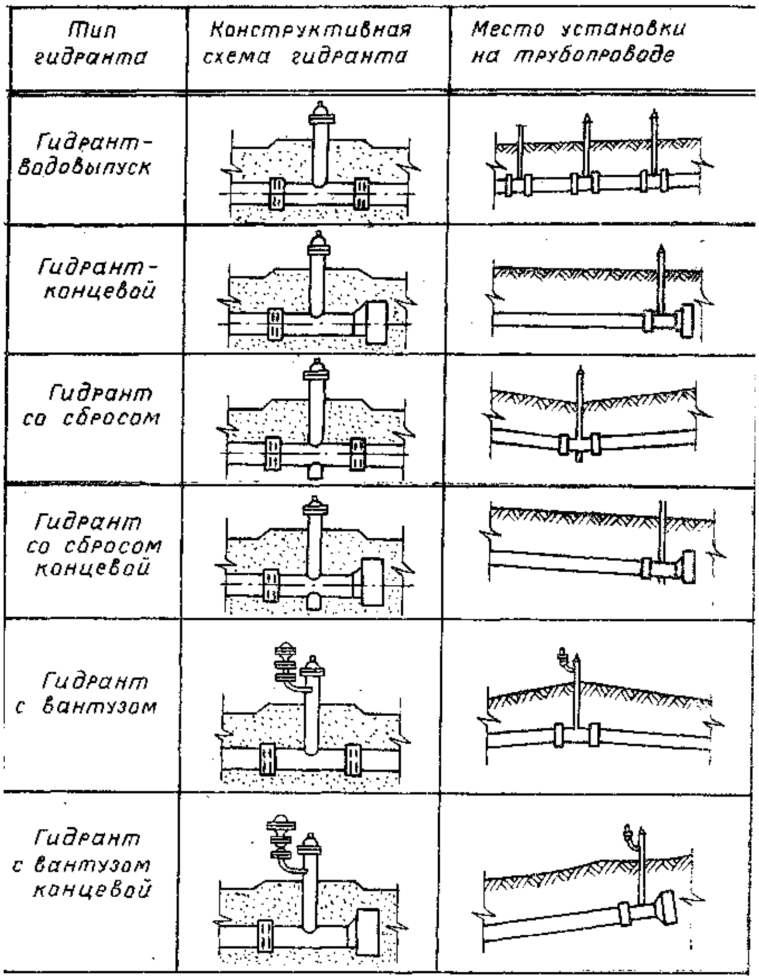


Рис. 2.61 - Типы гидрантов для подключения к трубопроводам закрытой оросительной сети дождевальных машин «Волжанка», «Днепр»

Регуляторы давления. Для достижения хорошего качества полива и сохранности современных дождевальных машин и арматуры на сети необходимо поддерживать оптимальное давление воды на входе в машину, соответствующее ее технической характеристике.

Поэтому для автоматического поддержания постоянного расчетного давления в полевых трубопроводах, по которым производится подача воды к дождевальным машинам, и перед дождевальными машинами устанавливают регуляторы давления РДУ и РД.

Регулятор давления марки РДУ предназначен для снижения и стабилизации давления «после себя», ограничения давления «до себя».

Регулятор давления марки РД предназначен для стабилизации давления «после себя» и является наиболее распространенным типом арматуры этого вида.

Компенсаторы - устройства, которые воспринимают линейные температурные деформации на участках трубопровода, стыковые соединения которого не компенсируют осевых перемещений, вызываемых изменением температуры воды, воздуха, грунта, а также на трубопроводах в условиях возможной просадки грунта.

Предохранительная арматура. Против гидравлического удара применяют специальные предохранительные клапаны и устройства, рассчитанные на определенное давление в трубопроводе (КХГ-120, ПСУ-100 и др.).

Промежуточные и концевые сбросы. Для опорожнения трубопроводов на зимний период и в случае ремонта устраивают опорожнивающие колодцы, концевые сбросы и гидранты-опорожнители.

Опорожнивающие колодцы сооружают в пониженных местах по трассам распределительных трубопроводов. В этом месте на распределительном трубопроводе предусматривают подключение сбросного трубопровода' диаметром 100 мм с задвижкой, через который сбрасывают воду в сбросной канал или естественное понижение местности.

Если распределительный трубопровод проходит через замкнутое понижение местности, то вода из него сбрасывается в специальный так называемый «мокрый» колодец, из которого откачивается передвижными насосами.

Полевые трубопроводы опорожняются от воды путем ее откачки через гидранты-опорожнители.

Упоры. Для предотвращения раскрытия стыков в асбестоцементных, железобетонных и чугунных трубопроводах в местах, где возникает давление в направлении от трубопровода — на поворотах, концах трубопровода, в местах деления потока (на тройниках), переходах от большего диаметра к меньшему, устанавливают упоры из монолитного бетона.

Колодцы. Для размещения водопроводной арматуры на оросительной сети сооружают колодцы. Распределительные (смотровые) колодцы предназначены для регулирования подачи воды в полевые и распределительные трубопроводы. Колодцы размещают в начале полевых и на распределительных трубопроводах. В колодцах предусмотрены задвижки.

Сбросные колодцы служат для опорожнения трубопроводов и их промывки.

Все колодцы выполняют из сборных железобетонных блоков-колец диаметром 100, 150 и 200 см.

2.15. Оросительные системы в условиях засоленных земель

Засоленными называют земли, содержащие избыточное количество легкорастворимых солей, которые угнетают сельскохозяйственные культуры и приводят к снижению урожая и его качества. Наиболее, вредными водорастворимыми солями являются: Na_2C0_3, Na_2S0_4, NaCl, $MgCl_2$ и др. Засоление почв в СНГ распространено на площади более 100 млн. га.

Наиболее существенным источником солей в почве являются солесодержащие осадочные породы. Подземные воды, растворяя соли осадочных пород, обогащаются ими. Минерализованные воды по капиллярам поднимаются в по-

верхностные слои почвы. Испаряясь, эти воды оставляют здесь соли. Образование солей в почве за счет заболоченных осадочных пород называют первичным засолением, а засоление за счет минерализованных грунтовых вод, поднимающихся по капиллярам, - вторичным. Вторичное засоление и заболачивание часто наступает и вследствие неправильного орошения. Наиболее засолены земли в засушливых степных районах, в приморских и сухих дельтах. Сюда в первую очередь относятся дельты Волги Дуная, Урала, Куры, Амударьи, Сырдарьи и др.

Засоленные почвы делят на солончаки и солончаковые почвы, солонцы и солонцеватые почвы.

Солончаки - это засоленные почвы, содержащие максимум легкорастворимых солей в верхних (0 … 30 см) горизонтах. Обычно содержание солей в них превышает 2% массы. Классификация солончаков и солончаковатых почв по типу и степени засоления приведены в табл. 2.9 и 2.10. Тип засоления определяется составом анионов и катионов. Солончаки и солончаковатые почвы поддаются рассолению при помощи промывки.

Таблица 2.9 - Классификация почв по степени засоления в зависимости от типа засоления (В. А. Ковда, В. В. Егоров)

Степень засоления	**Содовый**	**Хлоридный**	**Хлоридно-сульфатный**	**Сульфатный**
	Содержание легкорастворимых солей, % почвы в метровом слое сухой массы			
Незаселенные	<0,10	<0,15	<0,20	<0,30
Слабозасоленные	0,10...0,20	0,15...0,30	0.25...0.40	0,30...0,6
Среднезасоленные	0,2….0,30	0,30...0,50	0,40...0,70	0,60...1,0
Сильнозасоленные	0,30...0,50	0,50...0,80	0,70...1,20	1,00...2,0
Солончаки	>0,50	>0,80	>1,20	>2,00

Таблица 2.10 - Типы засоления почв

Тип засоления	Хлор, в долях от общего содержания солей
хлоридный	> 0,40
сульфатно-хлоридный	0,25...0,40
хлоридно-сульфатный	0,12...0,25
сульфатный	< 0,12

Солонцами называют почвы, в поглощенном комплексе которых содержится обменный натрий. Эти почвы обладают неблагоприятными физико-химическими свойствами. Они отличаются высокой плотностью, трещиноватостью в сухом состоянии, а при увлажнении сильно набухают, водопроницаемость их снижается, увеличивается щелочность, почва становится вязкой и липкой.

Обычная промывка не приводит к их рассолению. В зависимости от содержания натрия в почвенном поглощающем комплексе различают следующие виды солонцов и солонцеватых почв: слабо-солонцеватые - с содержанием натрия менее 10% емкости поглощения; среднесолонцеватые 10...20%, сильносолонцеватые 20. . .30% и солонцы - более 30% емкости поглощения.

По составу солей различают содовые и хлоридно-сульфатные солонцы с преобладанием сульфата натрия. По генезису засоление почвы делят на реликтовое (остаток-прошлых эпох) и современное.

При анализе процессов соленакопления следует учитывать глубину залегания и минерализацию грунтовых вод, а также начало-физиологической токсичности солей.

При близком залегании минерализованных грунтовых вод образуется постоянный восходящий ток воды, которая, испаряясь, отлагает в почве соли. Количество солей определяют по формуле

$$S = q \cdot c \cdot t, \qquad (2.62)$$

где S - количество солей, отлагающихся в почве, кг/га; q - объем испаряющейся воды в сутки, м^3/га; c - содержание солей в испаряющейся воде, кг/м^3; t - продолжительность испарения, сут.

Глубину уровня минерализованных грунтовых вод, при которой начинается засоление почвы, называют **критической глубиной** (рис. 2.62).

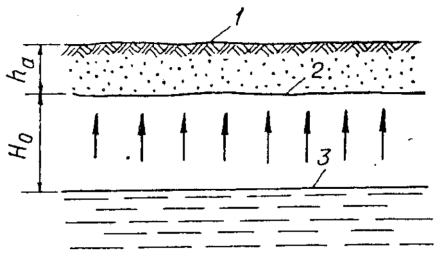


Рис. 2.62 - Критическая глубина залегания уровня грунтовых вод:
H_0 - высота капиллярного подъема воды; h_a - глубина активного слоя почвы; 1 - поверхность почвы; 2 - капиллярная кайма; 3 - уровень грунтовых вод

В условиях орошения ее определяют по формуле

$$H_{кр} = H_0 + h_A \qquad (2.63)$$

где $H_{кр}$ - критическая глубина залегания уровня минерализованных грунтовых вод, м; H_0 - высота капиллярного подъема воды, м; h_A - глубина активного (корнеобитаемого) слоя почвы, м; критическая глубина колеблется от 1,5 м для легких почв до 3,5 м для почв тяжелого механического состава.

Критическую глубину (см) можно определять и в зависимости от среднегодовой температуры воздуха:

$$H_{кр} = 170 + 8t, \qquad (2.64)$$

где t - среднегодовая температура воздуха, °С.

Мелиорация засоленных земель

Для улучшения засоленных земель применяют различные методы мелиорации; основные из них - строительные, физические, биологические, химические, эксплуатационные и гидротехнические.

К *строительным методам* относятся: борьба с потерями воды на фильтрацию; применение техники полива, исключающей питание грунтовых вод; недопущение затопления орошаемых земель паводковыми водами.

Физические методы включают: глубокую вспашку, глубокое рыхление и пескование.

Эти способы обработки почвы позволяют увеличить водо- и воздухопроницаемость почв. Глубокую вспашку на глубину 40...60 см применяют на слои-

стых почвах, где чередуются слабо- и сильнопроницаемые слои, а также в местах, где на небольшой глубине от поверхности солонцеватых почв залегают гипсосодержащие горизонты. Глубокая вспашка способствует раздроблению и захоронению солонцового горизонта и одновременно обогащает его кальцием.

Глубокое рыхление осуществляется на глубину 60...90 см и заключается в создании при помощи рыхлителей открытых щелей, способствующих повышению водопроницаемости почвы.

При подмешивании к почве песка существенно изменяется механический состав почвы, улучшаются условия выщелачивания солей. Обычно пескование (200...500 т песка на 1 га) сочетается с глубокой вспашкой и промывкой.

К *биологическим методам* относится возделывание сельскохозяйственных культур в качестве мелиорантов при освоении засоленных почв, а также внесение органических удобрений. Культура-мелиорант должна обладать способностью мобилизовать питательные вещества и вовлекать минеральные элементы в биологический круговорот. Этим условиям наиболее отвечают люцерна и донник. Своей мощной корневой системой они обогащают почву азотом, перехватывают капиллярную воду из глубоких слоев и тем самым способствуют снижению уровня грунтовых вод.

При внесении органических удобрений в почву улучшается их водопроницаемость, усиливается образование углекислоты, что благоприятно влияет на почвы, особенно солонцовые.

Химические методы - нейтрализация свободной соды и замена поглощенного натрия ионами кальция в солонцовых почвах. В качестве химических мелиорантов чаще всего используют: гипс ($CaS0_4$), известь ($CaCO_3$) и кислотные серосодержащие вещества - серная кислота (H_2SO_4), сера (S), сульфат железа ($FeS0_4$). Эти вещества вступают в реакцию с почвенными карбонатами и образуют гипс, являющийся источником растворимого кальция. Наиболее часто для мелиорации солонцовых почв используется гипс.

Схема реакции вытеснения поглощенного натрия почвы кальцием гипса

$$\text{ППК}\begin{matrix}Na\\ \diagup\\ -Na\\ \diagdown\\ Ca\end{matrix} + CaSO_4 \rightarrow \text{ППК}\begin{matrix}Ca\\ \diagup\\ +Na_2SO_4\\ \diagdown\\ Ca\end{matrix} \qquad (2.65)$$

Сера - инертное вещество до тех пор, пока не окислится почвенными микроорганизмами до серной кислоты. Однако замедленная реакция окисления и повышенная кислотность вокруг частичек серы ограничивают ее применение как мелиорирующего вещества.

К *эксплуатационным мероприятиям* относятся: строгое выполнение плана водопользования системы при круглосуточном поливе; нормирование водоподачи; соблюдение режимов орошения сельскохозяйственных культур; повышение КПД оросительной системы.

Гидротехнические методы мелиорации являются наиболее эффективными и включают *промывку засоленных почв на фоне дренажной сети.*

Эффективность промывки зависит от водно-физических свойств почвы, степени ее засоления и глубины залегания грунтовых вод. *Осуществляют* ее путем подачи на засоленные земли определенного объема воды (промывной нормы), которая растворяет соли и вытесняет их в виде раствора в грунтовые воды, перехватываемые и отводимые дренажной сетью.

Промывная норма - это количество воды, необходимое для удаления избыточных солей в расчетном слое почвы на площади 1 га.

В последние годы в основу расчета промывок засоленных земель принимают теорию физико-химической гидродинамики. При этом основное уравнение конвективной диффузии и массопереноса солей для наиболее простого случая имеет следующий вид:

$$\frac{dn}{dt} = D^* \frac{d^2 n}{dx^2} - V \frac{dn}{dx}, \qquad (2.66)$$

где t - время; x - расстояние от поверхности почвы; V - фактическая скорость движения воды по порам почвы; n - содержание солей в точке x; D^* - параметр переноса солей (коэффициент конвективной диффузии).

На основании этого уравнения для условий неустановившегося режима выведена зависимость для первой стадии промывки, а затем С. Ф. Аверьяновым предложено уравнение для определения промывной нормы:

$$M_{пр} = 10\,000\,(2A\sqrt{D^{*}t} + x)\,m, \qquad (2.67)$$

где x - расчетная глубина опреснения, м; t - продолжительность промывки, сут. ; m - пористость почвогрунтов в долях от объема; А - параметр, зависящий от исходного засоления почвы, минерализации оросительных вод и др.

Если влага в почве движется, то соли передвигаются в ней не только благодаря разности концентраций (диффузионная составляющая потока солей), но и за счет переноса их водой (конвективная составляющая). Такой процесс называют конвективной диффузией, которая в уравнении С. Ф. Аверьянова учитывается коэффициентом D^{*}, изменяющимся при характерных для капитальных промывок скоростях фильтрации в пределах $(1...10)\times10^{-3}$ м^2/сут.

Промывки различают *капитальные* и *эксплуатационные*. Задача капитальных промывок - первичное удаление солей из расчетного слоя почвы до допустимых пределов. Эксплуатационные промывки должны поддерживать допустимое содержание солей в расчетном слое после капитальных промывок. Промывная норма колеблется в широких пределах: от 1500 до 12000 м^3/га и более.

Технология промывки. Промывку почвы проводят обычно в два периода. В первый период происходит увлажнение расчетного слоя почвы до наименьшей влагоемкости, при этом соли, находящиеся в почве, переходят в раствор. Вторую подачу воды проводят через 4...5 дней после первой. Во второй период происходит дальнейшее растворение солей в почве и вытеснение их из промываемого слоя почвы в грунтовые воды, а затем в дренажную сеть.

Для метрового слоя промывная норма составляет: на легких почвах 700...900м^3/га, на средних 900...1100 и на тяжелых 1100...1500 м^3/га. Каждая последующая доза воды подается после просачивания предыдущей. При промывных нормах более 8000 м^3/га промывку проводят в течение двух, а при очень больших нормах - трех лет. Если расчетная промывная норма достигает 15000 м^3/га, то в условиях пойменных и дельтовых территорий она может соче-

таться с возделыванием риса с затоплением. Такой опыт освоения засоленных земель накоплен в России (дельта Волги) и на Украине (дельта Дуная).

Новые методы рассоления:

- промывка почв омагниченной водой *(магнитомелиорация)*. Используется для промывки вода, предварительно обработанная в магнитном поле. При этом растворимость солей в почве значительно возрастает, что способствует сокращению продолжительности промывки. При промывке почв омагниченной водой с минерализацией до 1 г/л дополнительный вынос солей составил в опытах ВолжНИИГиМ 10…20%;

- совместное воздействие магнитного поля и химического мелиоранта (серной кислоты): коэффициент фильтрации возрастал в 8-10 раз, вынос солей - на 40%;

- комбинированное воздействие постоянного электрического тока *(электромелиорации)* и промывки. Под воздействием электрического тока улучшаются физические свойства почвы, повышается водопроницаемость, солеотдача, фильтрация. Обычно катоды располагают в дрене, а аноды - в междренье. Плотность тока в метровом слое почвы должна быть порядка 0,5... 1 мА/см^2. Затраты электроэнергии 2... 8 тыс. кВт·ч на 1 га. Электромелиорация ускоряет процесс капитальной промывки в три-четыре раза, обеспечивая экономию воды в два раза.

Технические средства рассоления.

Дренажные и оросительные системы следует рассматривать как единый комплекс, направленный на коренное улучшение и сохранение оптимального водно-солевого режима. Основное назначение дренажа - создание условий для понижения уровня грунтовых вод, устойчивого опреснения засоленных земель путем проведения промывок и поддержания водно-солевого режима почвогрунтов, исключающего реставрацию засоления в период эксплуатации оросительной системы.

Дренаж на орошаемых землях - это комплекс гидротехнических сооружений (дрен, коллекторов, насосных станций), предназначенных для сбора и отвода почвенных и грунтовых вод.

Типы дренажа. При мелиорации засоленных земель на оросительных системах применяют горизонтальный, вертикальный и комбинированный дренаж.

Горизонтальный дренаж может быть *открытый* и *закрытый*.

Открытый дренаж состоит из глубоких каналов, проходящих в выемках, а *закрытый* - из труб, проложенных на определенной глубине, которые принимают почвенные и грунтовые воды и транспортируют их с помощью коллекторов в водоприемники.

В зависимости от назначения и расположения дрен на орошаемой территории дренаж бывает систематический, выборочный, ловчий и береговой. *Систематический дренаж* представляет собой систему открытых или закрытых горизонтальных дрен, расположенных равномерно по орошаемой площади. *Выборочный* дренаж - это система дрен, предназначенных для дренирования отдельных, в основном пониженных, орошаемых участков. *Ловчий* головной дренаж перехватывает и отводит поверхностный и грунтовый поток, поступающий на орошаемую территорию. *Береговой* дренаж предназначен для перехвата подземного потока со стороны реки или водохранилища с целью предупреждения подтопления орошаемой территории.

При определении глубины закладки дрен закрытого горизонтального дренажа исходят из условия, что уровни грунтовых вод в середине междренья в течение вегетационного периода должны находиться на глубине не меньше критической (рис. 2.63).

Закрытые дрены делают из гончарных труб длиной 33 см и диаметром 50...150 мм, керамических длиной 70 см, асбесто-цементных безнапорных длиной 4м, бетонных и железобетонных безнапорных труб, а также труб из различных полимеров - полиэтилена, полихлорвинила, поливинилхлорида.

В гончарные, керамические и бетонные трубы длиной до 70 см вода поступает через зазоры в стыках. При длине труб >70 см устраивают дополнительную перфорацию в виде щелей или круглых отверстий, суммарная площадь которых составляет 0,5% поверхности трубы. Ширина щелей 3… 7 мм, а диаметр отверстий 5... 10 мм. Наибольшее распространение получили гончарные, керамические и асбестоцементные трубы.

Пластмассовые трубы выпускают гладкостенные и гофрированные диаметром 50...100 мм и длиной 5...300 м с перфорацией в виде продольных щелей или круглых отверстий. В последние годы начали применять гибкие витые дренажные трубы из жесткого поливинилхлорида диаметром 100 мм.

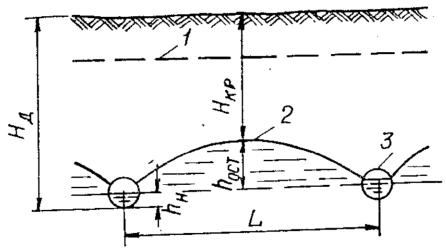


Рис. 2.63 - Схема понижения уровня грунтовых вод горизонтальным дренажом: *1,2 - уровень грунтовых вод соответственно до и после строительства дренажа; 3 - горизонтальные дрены;* $H_д$ *- глубина заложения дренажа;* $H_{кр}$ *- критическая глубина залегания грунтовых вод;* $h_{ост}$ *- остаточная глубина залегания грунтовых вод;* $h_н$ *- глубина наполнения дрены*

На рис. 2.64 приведены гибкие витые дренажные трубы из поливинилхлорида. Вода в полость такой трубы поступает через спиральные зазоры между смежными витками полосы.

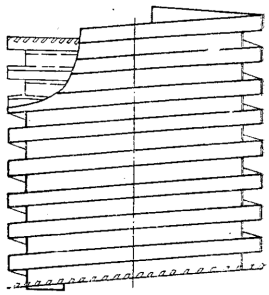


Рис. 2.64 - Витая дренажная труба

Минимальные уклоны открытых дрен принимают 0,0005, а закрытых - - 0,001 ... 0,002. Стыки трубок обсыпают щебнем, гравием или песчано-гравийными смесями, создавая фильтр. В качестве дренажных фильтров применяют также маты из стекловаты и базальтового волокна, стеклохолст, техническую марлю и стеклосетку.

Основной параметр при расчете дрен – **расстояние между дренами**

Для расчета расстояний между дренами в однородных грунтах используют уравнение С. Ф. Аверьянова (рис. 2.65, а)

$$L = 2\sqrt{\frac{2k_{\text{ф}} HT}{q}\left(1+\frac{H}{2T}\right)\alpha}, \tag{2.68}$$

где L - расстояние между дренами, м; $K_{\text{ф}}$ - коэффициент фильтрации, м/сут;

H - остаточная глубина залегания грунтовых вод в середине междренья, м;

T - расстояние от горизонта воды в дрене до водоупора, м; q - интенсивность инфильтрации, м/сут; α - коэффициент висячести дрены

При глубине закладки дрен 3 м и глубоком залегании водоупора (20...30м) расстояние между дренами находится в пределах от 200 м (для тяжелых грунтов) до 500...600 м (для легких грунтов).

При определении расстояния между дренами, заложенными в слоистых грунтах можно использовать формулу В. М. Шестакова (рис. 2.65, б)

$$L = 4\sqrt{L_{\text{н.д}}^2 + \frac{TH_0}{2W}} - L_{\text{н.д}}, \tag{2.69}$$

где L - расстояние между дренами, м;

$L_{\text{нд}}$ - расчетная длина зоны деформации несовершенного дренажа, м;

T - суммарная проводимость водоносного пласта у дрены, м^2/сут;

H_0 - расчетная величина инфильтрационного бугра, м;

W - интенсивность инфильтрации, м/сут.

В случае, когда дрены заложены в однородных грунтах, подстилаемых напорным пластом (рис. 2.65, *в),* расстояние между дренами определяют по формуле С. Ф. Аверьянова

$$\frac{\pi T}{B} + (\Delta\bar{H} - 1)\ln\frac{\pi T}{B} = (\Delta\bar{H} - 1)\ln\frac{2T}{d^*} + \ln 2; \tag{2.70}$$

$$\Delta\bar{H} = \frac{\Delta H + \frac{q_0}{k_{\text{ф}}} T}{\Delta h}; \quad d^* = \sqrt{2d\,(\Delta h + d)}, \tag{2.71}$$

где B - расстояние между дренами, м;

T - глубина залегания водоносного пласта, считая от горизонта воды в дренах, м;

ΔH - напор в водоносном пласте над горизонтом воды в дренах, м;

Δh - превышение поверхности грунтовых вод между дренами над верхом дрены, м;

q_0 - интенсивность инфильтрационного питания, м/сут;

$K_ф$ - коэффициент фильтрации грунта, в котором заложен дренаж, м/сут.

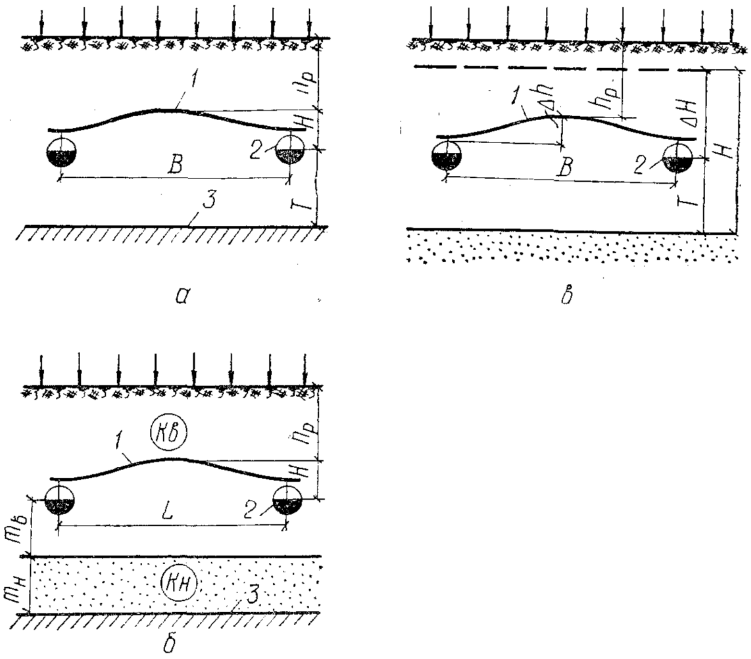


Рис. 2.65 - Расчетные схемы для определения расстояний между дренами: *а - однородные грунты; б - слоистые грунты; в - однородные грунты, подстилаемые напорным пластом; 1 - уровень грунтовых вод; 2 - дрена; 3 - поверхность водоупора*

Гидравлический расчет коллекторно-дренажной сети проводят на пропуск нормального и максимального расходов.

Расчетные расходы дрен и коллектора их диаметры и скорости движения воды определяют гидравлическим расчетом по формуле равномерного движения воды при безнапорном режиме на пропуск нормального расхода при полном наполнении дрены. Расход (Q) дрены и коллектора нормальный или максимальный:

$$Q = q\omega_{др} \qquad (2.72)$$

где q: q_{CP} или q_M - или среднее или максимальное значение модуля дренажного стока, соответственно, за вегетационный период, л/с с 1 га;

$\omega_{др}$ - площадь, обслуживаемая дреной, га.

Модуль дренажного стока принимают следующим: для суглинистых грунтов - 0,24...0,45 л/с с 1 га; песчаных - 0,28...0,7 л/с с 1 га. Скорость движения воды в дренах принимается в пределах 0,3...1,2 м/с.

Гидравлический расчет трубчатых дрен и коллекторов **при полном их наполнении** производят по формулам

$$Q = 0{,}39cd^2\sqrt{di}; \qquad (2.73)$$

$$v = 0{,}5c\sqrt{di}, \qquad (2.74)$$

где Q - расход дрены или коллектора, м^3/с; d - внутренний диаметр, м;

v - скорость движения воды, м/с;

i - гидравлический уклон;

c - коэффициент Шези, принимаемый в зависимости от диаметра и коэффициента шероховатости дрен и коллекторов.

Скорость движения воды в трубчатых дренах и коллекторах принимают в пределах 0,15…1 м/с. Гидравлический расчет открытых коллекторов заключается в определении ширины по дну, заложения откосов, глубины наполнения, уклона, скорости движения воды. На основании гидравлического расчета строят продольные профили дрен и коллекторов.

Особенности применения *вертикального* дренажа при рассолении почв.

Вертикальный дренаж применяют в том случае, когда под верхней толщей почвогрунтов, характеризующихся небольшим значением коэффициента фильтрации, залегают породы с большой водопроницаемостью. Вертикальный дренаж предназначен для откачки и отвода подземных вод буровыми скважинами-колодцами диаметром 30...70 см, глубиной 20…150 м, закрепленными обсадными трубами с отверстиями для поступления воды (рис. 2.66). Вслед-

ствие откачки воды насосами уровень грунтовых вод понижается, образуя воронку диаметром 2*R*. Вертикальный дренаж по сравнению с горизонтальным имеет ряд преимуществ: возможно глубокое понижение уровня грунтовых вод, потери полезной площади незначительные, дренажные воды можно использовать для орошения. Основные недостатки: потребность в электроэнергии, насосно-силовом оборудовании, значительные эксплуатационные расходы.

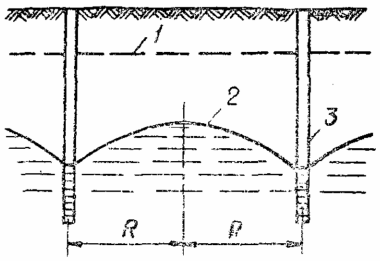


Рис. 2.66 - Схема понижения уровня грунтовых вод вертикальным дренажем:
1 и 2 - уровень грунтовых вод до и после откачки; 3 - скважины;
R - радиус действия скважины

Поэтому вид дренажа (горизонтальный или вертикальный) определяют на основании технико-экономического сравнения различных вариантов. Различают **систематический, выборочный, ловчий** и **береговой вертикальный дренажи**.

При **систематическом дренаже** скважины размещают сравнительно равномерно по всей дренируемой площади, учитывая границы севооборота, удобство отвода или использования откачиваемых вод. При выборочном дренаже скважины размещают на неблагоприятных по природным условиям участках орошения.

Ловчий дренаж в виде одного или нескольких рядов скважин, расположенных по фронту грунтового потока, применяют для перехвата грунтовых вод.

Береговой вертикальный дренаж также представляет собой ряд скважин, размещенных вдоль реки или водохранилища, предназначенных для защиты орошаемой территории от подтопления.

По конструктивным особенностям различают: вертикальный дренаж, состоящий из самоизливающихся скважин; дренаж из скважин, оборудованных

насосами для откачки подземных вод; дренаж из лучевых горизонтальных дрен, проложенных в хорошо проницаемых грунтах и объединенных одной вертикальной скважиной с водоподъемным оборудованием.

В зависимости от конкретных гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий массива можно выделить три случая применения вертикального дренажа: 1) использование на орошение пресных напорных подземных вод с одновременным рассолением земель (рис. 2.67, а); 2) предотвращение подъема минерализованных грунтовых вод на землях нового орошения (рис. 2.67, б); 3) замена минерализованных грунтовых вод пресными фильтрационными (рис. 2.67, *в).*

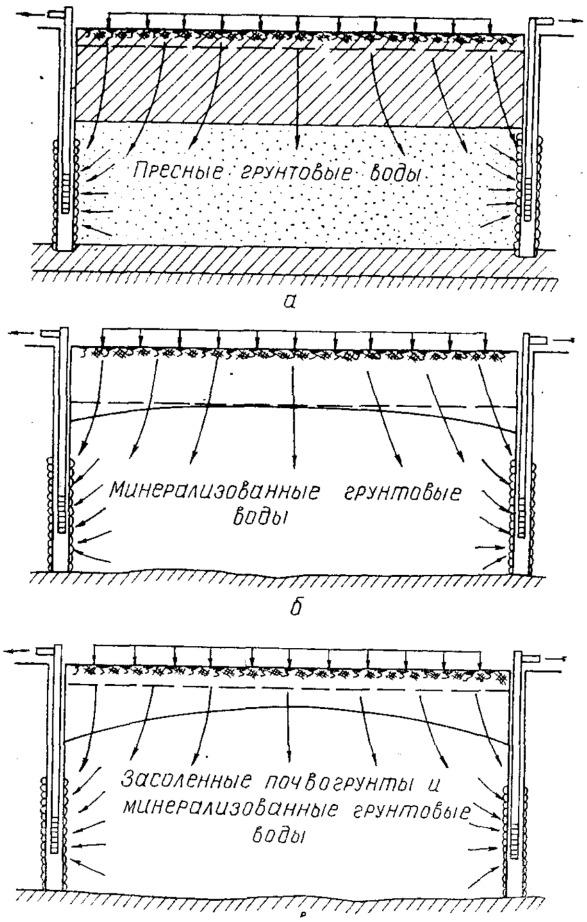


Рис. 2.67 - Принципиальные схемы применения вертикального дренажа (по Н. М. Решеткиной):
а — использование на орошение пресных напорных подземных вод с одновременным рассолением земель; б — предотвращение подъема минерализованных грунтовых вод; в — замены минерализованных грунтовых вод пресными фильтрационными

При сильном засолении земель и слабой водопроницаемости почвогрунтов вертикальный дренаж применяют в сочетании с мелким открытым временным дренажем на период проведения капитальных промывок. Обычно одна скважина вертикального дренажа обслуживает 50...100 га, а дебит ее колеблется в пределах 30...200 л/с. Конструктивно скважина состоит из: водоприемной части, оборудованной фильтром; обсадной колонны, по которой транспортируется дренажная вода; насосно-силового оборудования. Выбор конструкции фильтра зависит от гранулометрического состава и мощности водоносного пласта, химического состава воды, дебита скважины, хозяйственного значения скважин, величины водозабора.

Наиболее простую конструкцию фильтра - перфорированную трубу со щелевыми или круглыми отверстиями и редко обмотанной сеткой применяют в гравелисто-песчаных грунтах и крупнообломочных породах. В мелкозернистых грунтах, кроме перфорированной трубы, необходимы искусственные фильтры: гравийная засыпка, блочные пористые фильтры и др. Длина фильтра должна быть на 2…5 м меньше мощности дренируемого пласта и может достигать 40...45 м.

При строительстве скважин применяют цельнотянутые стальные трубы. Скважины вертикального дренажа оборудуют установками с артезианскими и погружными насосами, реже эрлифтами. Насосные установки вертикального дренажа оснащают контрольно-измерительной аппаратурой, позволяющей замерять и фиксировать количество воды, поданное насосной установкой; количество электроэнергии, затраченное на подачу воды; уровень грунтовых вод и пьезометрического напора.

Особенности *комбинированных* дренажей при рассолении почв

Комбинированный дренаж — это сочетание горизонтальных дрен с вертикальными разгрузочными скважинами. Устраивается в том случае, когда верхний слабопроницаемый слой мощностью до 15 м подстилается и подпитывается водоносным напорным горизонтом мощностью 10… 15 м с хорошей водопроницаемостью. Горизонтальные дрены обеспечивают понижение уровня

грунтовых вод и отводят за пределы дренированной территории воду из скважин-усилителей (рис. 2.68).

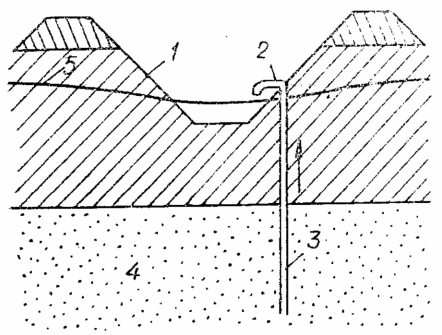


Рис. 2.68 - Схема комбинированного дренажа:
1 - канал-дрена; 2 - скважина; 3 - водоприемная часть скважины; 4 - водоносный слой с напорными водами; 5 - депрессионная кривая

Наличие скважин-усилителей увеличивает расстояние между горизонтальными дренами до 250...350 м. Расстояние между скважинами принимают в пределах 50... 150 м и закрепляют их металлическими, асбестоцементными или пластмассовыми трубами. Для усиления действия комбинированного дренажа может быть использовано вакуумирование.

Особенности *вакуумных* дренажей при рассолении почв.

В районах речных долин, представляющих собой двухслойный пласт с верхним слоем суглинков небольшой мощности, применение глубоких горизонтальных или вертикальных дренажей становится неэкономичным или технически трудно-выполнимым. В этом случае целесообразно сооружать вакуумный дренаж.

По принципу действия вакуумные дренажные системы подразделяют на **системы вакуумирования грунтов** и **системы вакуумного водоотбора**.

Горизонтальный вакуумный дренаж устраивают так, как обычные системы горизонтального дренажа. Разница состоит в том, что сеть не имеет смотровых колодцев, а оборудована вакуумными колодцами, в которых создается разрежение вакуумным насосом (рис. 2.69). Дрены применяют асбестоцементные, пластмассовые и пористые. Стыки между трубами перекрываются муфтами. Перфорацию на трубах выполняют только в их нижней части.

Вертикальный вакуумный дренаж представляет собой систему скважин или трубчатых колодцев объединенных коллектором, из которого раздельно откачивают воду и воздух.

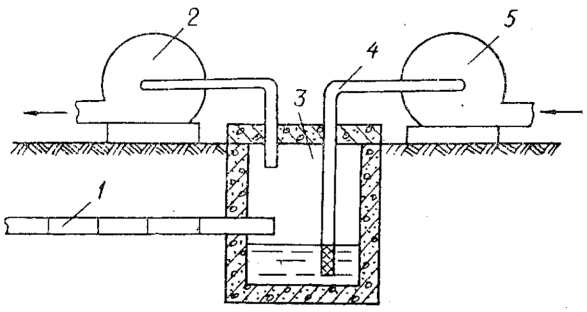


Рис. 2.69 - Схема горизонтального вакуумного дренажа:
1 - горизонтальные дрены; 2 - вакуумный насос; 3 - вакуумный колодец; 4 - всасывающая труба; 5 - центробежный насос

Основное достоинство вакуумного дренажа - увеличение интенсивности отвода грунтовых вод с мелиорируемых территорий и ускорение процесса промывки засоленных почв.

Двухъярусный дренаж

Для повышения эффективности действия промывки, достижения равномерного рассоления почв устраивают двухъярусный дренаж. Верхний ярус укладывают бестраншейным способом из пластмассовых труб на глубине 1,5...2 м, а нижним ярусом является постоянный закрытый дренаж, рассчитанный на нагрузку эксплуатационного периода. Нижний ярус интенсифицирует процесс промывки, выравнивает нисходящие скорости промывных токов и обеспечивает равномерное опреснение почвогрунтов. Дренаж верхнего яруса можно использовать в качестве закрытых оросителей в вегетационный период. Вода из оросителей идет на подпитывание зоны аэрации и частично на создание дренажного стока из дрен нижнего яруса. Опыт строительства двухъярусного дренажа накоплен в Узбекистане.

Мобильный дренаж

При промывке соли, находящиеся в почвогрунтах, обычно вымываются на большую глубину, а затем постепенно отводятся дренажем за пределы сис-

темы. Более эффективен такой дренаж, который мог бы перехватить солевой поток сверху во время промывки и сразу же отвести его за пределы участка.

Такую задачу можно решить при помощи так называемого *мобильного дренажа,* разработанного в ТуркменНИИГиМ. За основу его конструкции принята вакуумная система вертикальных дрен.

Комплект мобильного дренажа состоит из металлического собирателя, вертикальных дрен и самовысасывающего насоса. Все соединения делают быстроразъемными. Монтируется на подготовленном к промывке участке. Заполнив чеки водой, через специальный клапан заполняют и собиратель. Включенный насос создает в трубопроводах вакуум, и начинается отвод минерализованных вод с промывного участка. После завершения промывных поливов система мобильного дренажа демонтируется и перевозится на новый участок.

2.16. Оросительные системы в условиях орошения сточными водами

Сточными водами называются стоки населенных пунктов, промышленных предприятий и животноводческих комплексов, удаляемые гидравлическим способом через канализацию. Орошение сточными водами получило распространение во многих странах. Наибольшее количество их используется в Австралии (более 40%), Англии (33%), Германии (30%) и др. В СНГ для орошения используется около 10% сточных вод вокруг таких крупных городов, как Москва, Санкт-Петербург, Киев, Одесса и др. Украина занимает первое место в СНГ по использованию сточных вод в сельском хозяйстве. В ближайшей перспективе на Украине на базе сточных вод будут орошаться большие массивы. Общая площадь орошения сточными водами в СНГ будет значительно увеличена, причем одновременно на поля будут подаваться азот, фосфор и калий, содержащиеся в этих водах.

Орошение сточными водами позволяет решать важные хозяйственные задачи: обогащать почву водой и питательными веществами; сокращать затраты удобрений; производить очистку сточных вод во избежание загрязнения окру-

жающей среды; получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Наибольший эффект дает сочетание орошения сточными водами и применение удобрений.

Классификация сточных вод. По своему происхождению сточные воды делятся на хозяйственно-бытовые (из столовых, бань, жилых домов и др.), промышленные (с предприятий), смешанные (хозяйственно-бытовые и промышленные), животноводческие (от переработки молока, мойки животных, гидравлического удаления навоза) и ливневые (от дождей и таяния снега).

Состав и очистка сточных вод. Химический, механический и бактериологический состав сточных вод зависит от характера промышленного производства, норм водопотребления, атмосферных осадков и др.факторов. они разливаются по составу, реакции среды, концентрации растворенных веществ и удобрительной ценности (табл. 2.11). Наиболее пригодными для орошения являются хозяйственно-бытовые, смешанные, животноводческие и ливневые стоки. В сточных водах могут содержаться токсичные для растений вещества, которые удаляются на очистных станциях. Загрязненность ими сточных вод не должна превышать допустимых пределов. Каждый вид сточных вод очищают по определенной технологии. Обычно сточные воды подвергают **комплексной очистке:** ***механической*** и ***биологической***.

При механической очистке воды пропускают через решетки, жироловки и первичные отстойники. Задержанные решетками крупные отбросы (бумага, тряпки) измельчают дробилками и спускают в поток воды, очищенный от крупных частиц. Крупные минеральные частицы, главным образом песок, транспортируется на пековые площадки для обезвреживания. Протекая через первичные отстойники, сточная вода освобождается от взвешенных веществ.

Если перед входом сточных вод в отстойник их предварительно подвергнуть аэрации (насыщение кислородом воздуха), то эффективность механической очистки повышается до 70%. Механические осветленные сточные воды подвергают биологической очистке, если после отстойника степень их очистки будет недостаточной для орошения полей или выпуска в реку.

Таблица 2.11 - Химический состав некоторых видов сточных вод, мг/л

Сточные воды	pH	Сухой остаток	HCO_3^-	СГ	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Общий азот	P_2O_3	$БПК_5$
Бытовые	7,2	500	350	70	80	55	25	90	15	40	6	60
Городские, после биологической очистки	7,5	866	550	92	9	6	29	20	20	23	-	8
Суконного производства	6,8	609	201	109	156	55	21	82	7	30	-	150
Коврового производства	7,3	825	345	139	145	63	23	85	12	35	-	214
Осветленные стоки сахарных заводов	7,5	1611	637	80	157	101	40	102	72	51	3	-
Стоки гидролизных заводов	6,1	3040	592	360	1150	317	63	280	54	158	21	-
Свиноводческого комплекса, после отстаивания	6,8	2800	2650	180	210	280	130	80	220	1000	190	1500
Комплекса крупного рогатого скота, после отстаивания	7,4	6000	4100	370	300	300	350	200	750	1400	190	2000

Биологическая очистка производится в *естественных* или *искусственных* условиях. В естественных условиях сточные воды очищаются в биологических прудах, на полях фильтрации и полях орошения.

Особенности оросительных систем.

Сточные воды используются для орошения на специализированных мелиоративных системах, основным элементом которых являются **земледельческие поля орошения** (ЗПО). ЗПО – специально выделенные земельные площади, оборудованные сооружениями для орошения сельскохозяйственных культур сточными водами. Здесь происходят естественная почвенно-биологическая очистка и обезвреживание сточных вод.

ЗПО могут быть **трех видов**: с круглогодовым орошением (на легких, хорошо фильтрующихся почвах); с круглогодовым приемом сточных вод в регулирующие емкости и орошением сельскохозяйственных культур только в вегетационный период; с приемом сточных вод и орошением только в вегетационный период.

Минимальная площадь ЗПО должна быть не менее 10 га. При выборе площадей под ЗПО отдают предпочтение территориям с уклоном 0,0005…0,01, с малопригодными и неиспользуемыми землями и почвами, обладающими хорошими фильтрационными свойствами.

Оросительная система, работающая на сточных водах, отличается от обычной наличием сооружений по подготовке, накоплению и регулированию расходования сточных вод, возможностью сети работать в холодное время года.

Система сооружений на ЗПО состоит из следующих **основных частей**: отстойников или очистных сооружений, насосной станции, трубопроводов, прудов-накопителей, прудов биологической очистки, оросительной и сбросной сетей, дорог, лесонасаждений, зданий.

Оросительная сеть может быть в виде **открытых каналов** или **закрытых трубопроводов**. При близком залегании грунтовых вод и поливах высокими нормами строят **закрытый дренаж**. В случае устройства **открытой осушительной** сети каналы ограждаются дамбами от поливных площадей. В осушительную сеть не допускается сброс сточных вод непосредственно с поверхности.

По санитарно-гигиеническим условиям на оросительных системах, использующих сточные воды, разрешается поливать следующие культуры: технические, зерновые, кормовые и силосные; однолетние и многолетние травы; овощные, употребляемые в пищу после термической обработки (свекла, кабачки, баклажаны); картофель; плодово-ягодные и декоративные насаждения; любые культуры при внутрипочвенном орошении.

Площадь орошения сточными водами с учетом их качественного состава можно определить по формуле

$$\omega = \frac{10W \cdot S \cdot a \cdot k}{h}, \qquad (2.75)$$

где ω – возможная площадь орошения, га;

W – годовой объем стоков, м^3;

S – содержание азота в поливной воде, %;

a – количество культур в севообороте;

n – вынос азота каждой культурой севооборота, кг/га;

k – коэффициент использования азота растениями.

Способы и техника полива сточными водами.

Полив сельскохозяйственных культур может осуществляться поверхностным способом, дождеванием и внутрипочвенным орошением.

На выровненных полях с уклоном 0,001…0,02 культуры сплошного сева (зерновые, многолетние травы) поливают поверхностным способом: напуском по полосам и затоплением по чекам. Поливные полосы нарезают одновременно с посевом. Осветленные сточные воду подаются по выводной борозде, капроновому шлангу или разборному металлическому трубопроводу. При поливе по чекам валики, ограждающие отдельные поля, нарезают высотой 20…25 см плугом с удлиненным отвалом, бульдозером или грейдером.

В осенний период и с наступлением заморозков полив на ЗПО можно проводить по бороздам-щелям.

При дождевании полив осуществляется с использованием дождевальных машин ДДН-70, ДДН-100, «Волжанка» и др. Однако полив дальнеструйными дождевальными машинами имеет ряд недостатков. При скорости ветра 3 м/с и более качество полива снижается, по заветренной стороне далеко разносятся мелкие капли стоков и запах навоза, крупные капли дождя уплотняют почву. При использовании среднеструйных дождевальных машин типа «Волжанка» перечисленные недостатки в значительной степени устраняются.

В санитарном отношении лучшим способом орошения сточными водами является внутрипочвенное. Углубление дрен и кротовин на 50…60 см предо-

храняет сельскохозяйственные культуры и людей от соприкосновения со сточной водой.

Расчет элементов техники полива сточными водами выполняется аналогично расчету техники полива обычными оросительными водами.

Особенности режима орошения сточными водами.

Режим орошения сельскохозяйственных культур сточными водами имеет свои особенности. В связи со значительными колебаниями содержания питательных веществ (*NPK)* в осветленных стоках оросительные нормы рассчитывают с учетом данных химического анализа сточных вод. При этом может быть использована формула

$$M = П/10 \cdot n \cdot S, \qquad (2.76)$$

где М - оросительная норма, $м^3$/га;

П - норма выноса питательных веществ (*NPK)* орошаемой культурой при плановой урожайности, кг/га;

n - коэффициент использования питательных веществ растениями (для азота – 0,6…0,7, для калия - 0,6, для фосфора - 0,6);

S - содержание питательных веществ в осветленных сточных водах, %.

При расчете оросительной нормы отдельно по *NPK* принимают минимальную норму одного из питательных элементов. Недостающее количество остальных двух элементов восполняют дополнительным внесением минеральных удобрений.

В том случае, когда в осветленных сточных водах содержится азота менее 0,015%, оросительную норму сельскохозяйственных культур севооборота вычисляют обычным способом – по водопотреблению.

Оросительные нормы составляют в Нечерноземной зоне для зерновых и овощных культур 1…2 тыс. $м^3$/га, для трав - 2…4, а в степной соответственно 1,5…3 и 3…5 тыс. $м^3$/га. Поливные нормы составляют 400…700 $м^3$/га, количество поливов назначают в зависимости от метеорологических условий, вида сельскохозяйственной культуры и водно-физических свойств почвы. Сточные

воды не должны загрязнять грунтовые воды, для этого не следует поливать больше норм, превышающих водоудерживающую способность активного слоя почвы.

Эффективность орошения сточными водами

Полив осветленными сточными водами, благодаря их удобрительным свойствам, приводит к повышению урожайности сельскохозяйственных культур по сравнению с поливом из естественных водоисточников. Опыт сельскохозяйственных предприятий Московской области показал, что на любых почвах сточные воды дают хорошие результаты. Так, на Люберецких полях были получены урожаи: ранней капусты 822 ц/га, картофеля 1033, моркови столовой 1600 ц/га. В Украине, в Одесской области при орошении сточными водами урожаи зеленой массы многолетних трав, кукурузы на зерно был соответственно на 340 и 170% выше, чем без орошения. Особенно высока эффективность орошения сточными водами на легких, низкоплодородных почвах, которые в короткий срок превращаются в высокопродуктивные. Срок окупаемости оросительных систем, использующих для полива сточные воды, не превышает 5…6 лет.

Особенности орошения теплообменными водами

Разновидность промышленных сточных вод - отработанные воды тепловых и атомных электростанций. Крупные ТЭЦ, ГРЭС и АЭС являются источниками термического (теплового) загрязнения водоемов отработанными сбросными водами, которые могут служить источниками отеплительного орошения и обогревания почв. Повышение температуры воды выше нормы ухудшает гидробиологический режим водохранилища, усиливает развитие сине-зеленых водорослей, ухудшает работу очистных сооружений, затрудняет судоходство.

При использовании теплых вод для орошения уменьшаются затраты воды на единицу урожая и повышается урожай теплолюбивых культур на 14... 20%, увеличивается мощность корневой системы в полтора-два раза, повышается скороспелость культур на шесть-десять дней.

При использовании теплых сточных вод для поливов культур применяют **поверхностное и внутрипочвенное орошение, а также дождевание**. При этом поливают преимущественно теплолюбивые сельскохозяйственные культуры: огурцы, перец, капусту, хлопчатник, рис, виноград и др.

При поверхностном орошении целесообразно применять **полив по бороздам. При орошении дождеванием** используют дождевальные машины ДДН-70, ДДН-100, ДДА-100МА. Особенно эффективно дождевание теплыми водами при слабых (до -2 °С) заморозках.

Наибольший эффект орошения теплообменными водами достигают при **внутрипочвенном орошении**, когда одновременно осуществляется обогрев почвы и полив. Теплые воды могут использоваться в тепличном хозяйстве для орошения закрытых почв.

Применение отработанных вод тепловых и атомных электростанций для орошения представляется весьма перспективным, учитывая масштабы их строительства: Однако многие вопросы, связанные с использованием этих вод в сельскохозяйственных целях, разработаны пока недостаточно.

Особенности орошения минерализованными (дренажно-сбросными) водами.

Для орошения возможно использовать воду повышенной минерализации при наличии дренажа на поливных землях и повышенных (на 20... 30%) оросительных нормах, обеспечивающих промывной режим. Однако при длительном орошении водами повышенной минерализации возможно засоление почв. Поэтому необходимо систематически следить за содержанием солей в почве. При хлоридном типе засоления (NaCl, MgCl) содержание солей в - метровом слое почвы не должно превышать 0,3... 0,6%, при сульфатно-натриевом и магниевом (Na_2SO_4 и $MgS0_4$) - не более 1,0%.

При использовании минерализованных вод для орошения большое значение имеет оперативный контроль за их минерализацией и качеством. Однако определение этих показателей путем химических анализов неприемлемо в том случае, когда нужно обеспечить своевременную подачу пресной воды для улучшения мелиоративных свойств минерализованной воды.

Для оперативного контроля за качеством дренажно-сбросных вод общую минерализацию целесообразно определять при помощи солемера, а химический состав - по специальному графику, который может быть составлен для каждой конкретной оросительной системы (рис. 2.70).

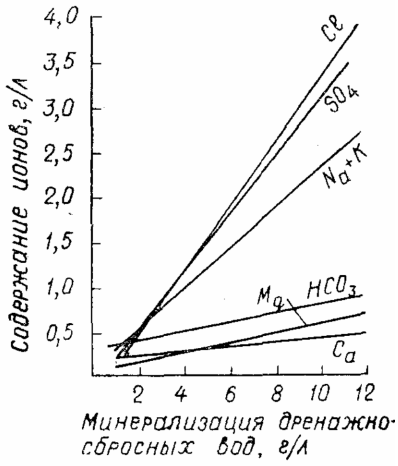


Рис. 2.70 - График для определения химического состава дренажно-сбросных вод Килийской рисовой системы (Одесская обл.)

Для улучшения качества минерализованной воды количество добавляемой пресной можно определить по формуле

$$V_1 = \frac{V_2(C - C_2)}{C_1 - C}, \qquad (2.77)$$

где V_2 - объем минерализованной воды, качество которой необходимо улучшить, л;

C - минерализация, которую необходимо получить, г/л;

C_x и C_2 - минерализация соответственно дренажно-сбросных и пресных вод, г/л.

Минерализованные дренажно-сбросные воды целесообразно использовать для орошения поверхностным способом (по бороздам, затоплением). Особенно эффективны они для промывки засоленных земель с одновременным возделыванием риса.

Разновидностью минерализованных вод с неограниченным ресурсом являются морские и шахтные воды. Исследования, проведенные в различных странах,

в том числе и в бывшем СССР, свидетельствуют о реальной возможности использования морских вод для орошения сельскохозяйственных культур.

Средняя минерализация воды океана составляет 34,4 г/л, Черного моря 18,6. Соленость морской воды вблизи устьев впадающих в моря рек понижается из-за притока речных вод. Так, вблизи устья крупных рек - Днепра, Днестра, Дуная и др. минерализация воды не превышает 1 г/л.

Морская вода, если ее рассматривать как оросительную, отличается от минерализованных дренажных и грунтовых рядом свойств. Она содержит значительно большее количество элементов, полезных растениям, микроэлементов и органических веществ, повышающих плодородие почвы, богата кислородом. Но главная особенность морской воды, определяющая ее оросительные свойства, состоит в том, что ионный состав в ней сбалансирован и вредное действие одних ионов уравновешивается присутствием других. Это явление называют антагонизмом ионов. В состав морской воды входят ионы Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mq^{2+}, Cl^-, Br^-, SO_4^{2-} и CO_3^{2-}. Преобладают анионы хлора и катионы натрия. Опыты по влиянию морской воды на растения позволили установить высокую устойчивость многих сельскохозяйственных культур к высокой концентрации солей в ней. Ее можно использовать для полива плодородных культур, лесных полос, декоративных древесных и кустарниковых насаждений, зерновых культур, многолетних трав в приморских зонах. При этом орошение целесообразно проводить на песчаных почвах, в которых при промывном режиме полива не накапливается много солей. Кроме того, пески хорошо промываются осадками холодного периода года и не требуют дополнительных мер для их промывки.

Наибольший эффект полив морскими водами дает при использовании поверхностного способа полива. При этом зерновые культуры и многолетние травы поливают по полосам, а древесные и кустарниковые насаждения - по приствольным чашам.

2.17. Рисовые оросительные системы

В нашей стране рис выращивают на специальных инженерных оросительных системах, представляющих собой комплекс гидротехнических сооружений, предназначенных для бесперебойной подачи необходимого количества воды, удержания ее в течение вегетационного периода риса и оперативного удаления за пределы рисового поля при необходимости.

Рисовая система состоит из водоподающей части, рисовых полей, дренажно-сбросной сети, гидротехнических сооружений, а также оградительной сети, устройств автоматики, связи, сети дорог и лесополос.

Особенность рисовых систем - необходимость двухстороннего регулирования влажности почвы на рисовом поле, т. е. создание и регулирование слоя воды на рисовом чеке: сброс воды и осушение полей для механизированной уборки урожая; нормальные условия развития сопутствующих рису культур.

Водоподающая система включает водозаборные сооружения (при самотечной водоподаче) или насосные станции, магистральные и распределительные каналы, картовые оросители.

Конструкция каналов

Участковые распределители, картовые оросители и оросители-сбросы, как правило, проектируют с горизонтальным дном и дамбами, исходя из условия автоматизации водораспределения. Старшие каналы оросительной сети проектируют с уклонами.

Картовые оросители должны обеспечивать затопление самого высокого чека слоем 10...15 см.

Автоматизация водораспределения предусмотрена на внутрихозяйственной сети, включая водовыпуски в чеки, средствами гидравлической автоматики, обеспечивающей поддержание постоянных уровней в нижних бьефах всех водовыпусков. На межхозяйственных каналах следует предусматривать электрогидравлическую автоматику в сочетании с телемеханикой.

Горизонт воды в картовом дренажно-сбросном канале при пропуске максимального расхода должен быть на 0,5 м ниже отметки поверхности самого низкого чека, который прилегает к каналу.

Ширину каналов принимают в соответствии с шириной рабочих органов используемых механизмов: для оросительных каналов - 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2,5 м и т. д.; для дренажно-сбросных каналов - не менее 1 м.

Заложение откосов зависит от механического состава грунта ложа канала: для легких грунтов 2...4, средних 1,5... 2, тяжелых 1...1,5. Заложение наружных откосов дамб 1...1,5.

Возвышение бровок и берм дамб земляных каналов над максимальным расчетным горизонтом воды при расходе до 0,5 $м^3/с$ принимают 0,2 м, при 0,5…2 - 0,3м и при 2...5 - 0,4 м.

Ширина дамб поверху: при расходе до 2 $м^3/с$ - 1 м, при 2...5 $м^3/с$ - 3 м. Бермы принимают шириной 3 м при глубине канала более 2 м.

Расчетная скорость движения воды в каналах зависит от механического состава грунтов: в песках и супесях - не более 0,5 м/с, в легких и средних суглинках - 0,7, в тяжелых суглинках и глинах - до 1 м/с.

Расчетные расходы. Каналы оросительной сети рассчитывают на пропуск максимального расчетного расхода, определяемого по формуле

$$Q_{max=}\frac{1{,}1q_{max}\omega\cdot a\cdot K_b}{\eta}, \qquad (2.78)$$

где 1,1 - коэффициент запаса, учитывающий возможное увеличение водоподачи в период первоначального затопления риса (принят для всех каналов, кроме картового оросителя); q_{max} - максимальная ордината гидромодуля риса, л/с га; ω - площадь нетто, обслуживаемая каналом, га; a - содержание риса в севообороте (а = 0,75...1); $K_в$ - коэффициент водооборота (обычно $K_в$ = 3...5); η - канала.

Максимальный расчетный расход каналов дренажно-сбросной сети всех порядков

$$Q_{max}^{сбр} = 1{,}5\, q_{max}^{сбр}\,\omega a \qquad (2.79)$$

где 1,5 - коэффициент запаса;

$q_{max}^{сбр}$ - максимальная ордината модуля дренажно-сбросного стока, л/с с 1 га.

Дренажно-сбросная сеть

Самая сложная задача при проектировании рисовых оросительных систем - правильное назначение параметров дренажа для поддержания орошаемой территории в надлежащем мелиоративном состоянии. Дренаж на рисовых системах проектируют в зависимости от его назначения, почвенных и гидрогеологических условий и делят на три типа: **рассолительный, профилактический** и **отсечный**.

Рассолительный дренаж проектируют на засоленных почвах (солончаках, солончаковатых, кроме содовых). При близком залегании минерализованных грунтовых вод и отсутствии угрозы заболачивания он может иметь вид постоянных или временных дрен. Расчет рассолительного дренажа сводится к проверке выбранной схемы. Проверку ведут по формулам, полученным в результате решения уравнения конвективной диффузии, позволяющего определить содержание солей в почве после промывки, или с помощью балансовых расчетов с применением метода ЭГДА.

Устройство частого дренажа, который должен быть закрытым, не всегда экономически оправданно. Кроме того, частый дренаж способствует значительным потерям оросительной воды. Поэтому в условиях возделывания затопляемого риса при отсутствии напорности грунтовых вод можно увеличить междренное расстояние до 200 и более метров за счет более продолжительного первоначального пребывания риса в целях лучшего опреснения почв и грунтов зоны аэрации.

Усилить действие рассолительного дренажа на солонцах и солонцеватых почвах можно, применяя системы агротехнических и химических мероприятий в виде глубокого рыхления, кротования, внесения гипса, полимеров и др.

Профилактический дренаж применяют тогда, когда почва и грунты до глубины 1,5м не засолены или слабозасолены, грунтовые воды слабоминерализованы (до 3 г/л) и слабодренированы. В этом случае ограничиваются устройством сбросной сети и отсечных более глубоких дрен по границам рисовых полей севооборота. Как правило, при двустороннем командовании, расстояние

между сбросными каналами колеблется в пределах 300...400 м и может быть увеличено при отсутствии напорных грунтовых вод до 500...600 м. Если нет притока грунтовых вод извне и они практически безнапорны, то испарение при наличии сбросной сети обеспечит снижение их уровня на глубину, допускающую применение сельскохозяйственных машин, а затем возделывание сопутствующих рису культур.

Основной задачей профилактического дренажа является предотвращение вторичного засоления почв в период возделывания сопутствующих культур, поэтому его расчет сводится к определению прогнозного солевого профиля на полях рисового севооборота. Если прогнозное засоление не превышает допустимого, а грунтовые воды находятся на допустимой глубине, принятая схема дренажа работает удовлетворительно. В противном случае надо изменить параметры дренажа или увеличить оросительную норму для сопутствующих культур.

Отсечный дренаж служит для защиты массивов, прилегающих к рисовым полям, от подтопления и вторичного засоления, а также для ограждения территории рисового севооборота от притока грунтовых вод извне. Как правило, его проектируют по границам рисовых полей и в местах резкого перелома рельефа.

В конструктивном отношении отсечный дренаж представляет собой одну или несколько дрен, заложенных поперек движения грунтового потока. Критерием для определения необходимости дренажа может служить балансовый расчет. Отсечный дренаж необходим во всех случаях, когда прилегающие к рисовому участку массивы не отделены от него естественными понижениями (балка, овраг) или рекой. Глубину отсечной дрены на границе рисового поля принимают исходя из глубины залегания грунтовых вод, которую необходимо поддерживать на прилегающих к рисовым системам участках. Глубину грунтовых вод, допустимую на смежных с рисом участках, можно принять 1...1,5 м при минерализации грунтовых вод до 3 г/л и 2...2,5 м - при большей минерализации. Тогда глубина отсечной дрены может быть в пределах 2...3 м.

На рисовых массивах независимо от их расположения происходит вторичное засоление вдоль хозяйственных, участковых, а иногда и картовых оросительных каналов, проходящих в земляных насыпях, а также вдоль поперечного валика нижележащего чека, если разность отметок смежных чеков превышает 0,3 м. Причина вторичного засоления - восходящее движение минерализованных грунтовых вод, обусловленное разностью напоров воды в оросительных каналах и чеках, а также в высоких и низких чеках. Для ликвидации этого отрицательного явления необходимо устройство неглубокого отсечного незатопляемого дренажа с обеих сторон оросительного канала и на нижнем чеке вдоль поперечного валика. Для быстрейшей ликвидации последствий засоления устройство отсечного дренажа целесообразно сочетать с агротехническими и химическими приемами и соответствующей промывкой при возделывании сопутствующих культур.

Полив сопутствующих рису культур.

Как показала практика рисосеяния, получение высоких урожаев риса возможно в том случае, когда он возделывается в севообороте с другими культурами. Лучшая сопутствующая культура затопляемого риса - люцерна, способная не только восстановить плодородие и структуру почвы после длительного затопления, но и обогатить ее азотом. Чтобы получить высокие урожаи сопутствующих культур, необходимо орошение.

Для успешного полива сопутствующих рису культур **затоплением** нужно соблюдать следующие основные условия: поверхность чека или карты-чека должна быть тщательно спланирована с таким расчетом, чтобы разность отметок не превышала ±2,5 см; полив чека должен быть осуществлен за короткий промежуток времени, который колеблется в пределах 6...12 ч в зависимости от культуры и фазы ее развития.

Полив **дождеванием** наиболее эффективен на незасоленных землях с близким уровнем грунтовых пресных вод (0,7...1,0 м), где требуются небольшие поливные нормы (300...400 $м^3$/га), а также в условиях засушливой весны для получения всходов и урожая люцерны первого укоса.

Широкое развитие рисосеяния и ограниченность водных ресурсов диктуют необходимость использования сбросных вод рисовых оросительных систем на повторное орошение риса и сопутствующих культур. Повторное или оборотное использование воды позволяет, не увеличивая ресурсов водоисточника, расширять орошаемые площади или сократить водозабор из источника при тех же площадях орошения. Подача же сбросных вод на рисовые поля будет способствовать более полному использованию вносимых на поля удобрений. Повторное применение целесообразно, так как сброс воды с рисовых систем составляет 50% и более от забора воды, а минерализация ее в период орошения даже на засоленных землях сравнительно невысокая (1...3 г/л).

Гидротехнические сооружения.

На рисовой системе применяют специфические сооружения: водовыпуски из картового оросителя в чек, водовыпуски из чека в картовый сброс, подпорные сооружения на оросителях и сбросах. Остальные сооружения такие же, как на обычных оросительных системах.

Водовыпуски в чек и из чека располагают в противоположных углах чека, друг против друга. Подпоры в дренажно-сбросной сети устраивают только на незасоленных землях.

Дорожную сеть и лесополосы размещают вдоль постоянных каналов. Ширина полотна дороги 3…6 м, а возвышение ее над поверхностью чека не менее 0,5 м. Лесополосы устраивают по границам рисовых участков и севооборотов. Как правило, лесополосы одно-двухрядные.

2.18. Управление водным режимом с помощью оросительных систем

Управление водным режимом с помощью оросительных систем осуществляется с целью поддержания водного баланса в грунтах мелиорированных территорий. Поддержание водного баланса осуществляется с помощью отдельных способов и технических приёмов, оборудования орошения, приведенных ранее или при их комплексном применении.

Одними из основных проблем при оросительных мелиорациях является возможность засоления или заболачивания земель и невозможность их последующего использования для сельскохозяйственных целей. Рассмотрим основные условия, выполнение которых определяет необходимость применения оросительных мелиораций.

Одним из основных технических приемов для управления водным режимом на орошаемых территориях является применение дренажа.

Рассмотрим условия отвода воды с орошаемой площади, которые определяют направление мелиоративных мероприятий по улучшению гидрогеологического режима орошаемой территории.

Для выявления направленности почвенно-мелиоративных процессов (засоления, рассоления, заболачивания) и определения количества воды, которое необходимо отвести с орошаемой площади при помощи дренажа, используют метод водного баланса, разработанный А.Н. Костиковым. Водный баланс орошаемой территории показывает суммарное изменение запасов воды на рассматриваемой площади за определенный промежуток времени. Водный баланс орошаемой территории описывается уравнением, которое включает в себя приходные и расходные элементы

$$\pm\Delta W = (M_{бр} + P + G + V) - (E_0 + O_T + V_C), \qquad (2.80)$$

где ΔW— суммарное изменение запасов воды в границах рассматриваемой территории за расчетный период;

$M_{бр}$ - оросительная норма брутто (с учетом всех потерь);

P - атмосферные осадки;

G - приток грунтовых вод;

V - приток поверхностных вод с соседних территорий;

E_0 - испарение влаги почвой, водной поверхностью и транспирация растений;

O_T - отток грунтовых вод;

V_C - сток поверхностных вод за пределы орошаемой территории.

Если ΔW отрицательно, то запасы воды в почвогрунтах расчетного слоя уменьшаются и уровень грунтовых вод понижается. Водный баланс формируется по типу рассоления. Положительное значение ΔW добавляется к первоначальному запасу влаги *W* (на начало расчетного периода). Если ΔW +W больше предельной полевой влагоемкости почв $W_{ППВ}$ на величину ΔG, то эта разница ΔG пойдет на пополнение грунтовых вод и повышение их уровня на величину ΔH

$$\Delta H = \frac{\Delta G}{10000 \cdot \delta}, \qquad (2.81)$$

где $\Delta G = \Delta W + W - W_{ППВ}$, $м^3/га$;

β - дефицит заполнения почвогрунта водой до полной влагоемкости, равный 0,08...0,40 объема почвы.

Изучение элементов водного баланса и их изменения по годам и отдельным характерным периодам в течение года (вегетационный, осенне-зимний, промывной) позволяет установить основные причины подъема уровня грунтовых вод и определить направление мелиоративных мероприятий по улучшению гидрогеологического режима орошаемой территории. Если минерализованные грунтовые воды имеют незначительный отток, а комплекс физических, биологических, химических и эксплуатационных мероприятий не обеспечивает необходимого их понижения, то отток грунтовых вод увеличивают искусственно путем устройства дренажа.

Управление водным режимом с помощью оросительных систем невозможен без контроля за режимом грунтовых вод.

Контроль режима грунтовых вод

Осуществляется при помощи наблюдательных скважин (пьезометров), расположенных равномерно по всей территории оросительной системы и по створам. Одна скважина приходится в среднем на 100...200 га. Причем их размещают так, чтобы они обеспечили характеристику режима грунтовых вод на всех участках поля.

Равномерно размещенная сеть наблюдательных скважин служит для составления карт глубин залегания и минерализации грунтовых вод. Устройство

скважин по створам позволяет установить влияние вод оросительных и дренажных каналов на динамику грунтовых вод. Расстояние от уреза воды в канале до наблюдательных скважин принимают равным 25, 50, 100, 200, 500, 700 и 1000 м и далее через 500 м. Глубину скважин принимают такой, чтобы она показывала уровень грунтовых вод при любом их положении.

По данным наблюдений за режимом грунтовых вод судят о мелиоративном состоянии орошаемых земель и намечают комплекс мероприятий против засоления и заболачивания.

РАЗДЕЛ 3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ МЕЛИОРАЦИЙ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯХ

3.1. Регулирование уровня грунтовых вод в условиях населенных пунктов и промышленных предприятий

Участки для застройки по возможности следует располагать на неблагоприятных для земледелия местах. Они должны быть на повышенных сухих местах, которые не затопляются и в которых уровень грунтовых вод не поднимается ближе 0,5 м к фундаментам зданий, подвалов и подземных коммуникаций. В случае отсутствия таких условий выполняют осушение. Осушение достаточно часто необходимое в результате антропогенной деятельности: потери воды из трубопроводов и резервуаров, засыпание естественных ручьев и трасс талого и ливневого стока, строительство дорог, дамб, других сооружений, которые задерживают поверхностный сток. Застройка, асфальтирование и бетонированность (уплотнение) поверхности земли уменьшают испарение грунтовых вод, в результате чего происходит их подъем. Значительная площадь покрытой земли в городах уменьшает проникновение ливневых вод в почву, в результате чего растут ливневые расходы. Фундаменты зданий лучше проводят тепло, чем почва, потому в холодный период года они холоднее, чем окружающая почва, что способствует конденсации влаги в почве возле них.

Повышение влажности почвы уменьшает его несущую способность, что может вызывать оседание зданий, дорог, подземных коммуникаций, затопления подвалов, теплотрасс, коррозию фундаментов, гибель деревьев, появление комаров и болезней людей и животных.

При строительстве животноводческих комплексов, населенных пунктов, промышленных предприятий на территории в близком естественном залегании грунтовых вод или в зонах искусственного подтапливания необходимо проводить тщательные исследования естественного гидрологического режима грунтовых вод. По результатам исследований с учетом будущей застройки составляют прогноз режима как поверхностных, так и грунтовых вод и при необходимости предусматривают специальные мероприятия по борьбе с подтапливанием. Эти меры разделяются на *профилактические* (предупредительные) и *защитные*.

Профилактические мероприятия предусматривают уменьшение питания грунтовых вод, предупреждение прилива поверхностных вод внешне, уменьшение потерь воды из водопроводов, канализации, водоемов, резервуаров, отстойников. Эти меры необходимы также и для предупреждения загрязнения грунтовых вод.

К *профилактическим* мероприятиям следует также отнести сохранение, расчистку и углубление балок, ручьев, стариц и др. Здания и коммуникации с большой протяжённостью, которые препятствуют потоку поверхностных и подземных вод, желательно располагать вдоль потока. В противном случае необходимо предусматривать мероприятия для пропуска воды.

Понижению грунтовых вод способствует высадка деревьев и кустарников полосами или зелеными массивами, что объясняется увеличением транспирации. Для перехватывания воды, что просочилась под днищами бассейнов, резервуаров, под трубопроводами, галереями и каналами, устраивают дренаж с отведением воды за пределы населенного пункта или здания. Для борьбы с повышением влажности почвы в зимнее время возле фундаментов предусматривают мероприятия по вентиляции почвы вокруг фундаментов.

Всегда необходима организация отвода поверхностного стока, что улучшает условия для строительства, санитарное состояние местности и способствует также уменьшению фильтрации воды в почву. Это достигается тем, что устраивается ограждение территории от притока воды извне, выравниванием поверхности с определенными уклонами и ликвидацией бессточных низин, сооружением ливнестоков.

Подгорные каналы, или лотки прокладывают за пределами осушаемой территории у подножия склонов. Воду из них сбрасывают за пределами населенного пункта.

Территория кварталов в населенном пункте должна быть более высокой от прилегающих улиц с уклонами в их сторону или в сторону балок или впадин, которые сохраняются. Сброс поверхностной воды, главным образом, организуется водостоками, которые размещаются вдоль улиц, потому улицы должны иметь уклон и соответствующую вертикальную увязку для самотечного сброса воды. В селах водостоки делают открытыми (рис. 3.1), в городах - закрытыми (рис. 3.2).

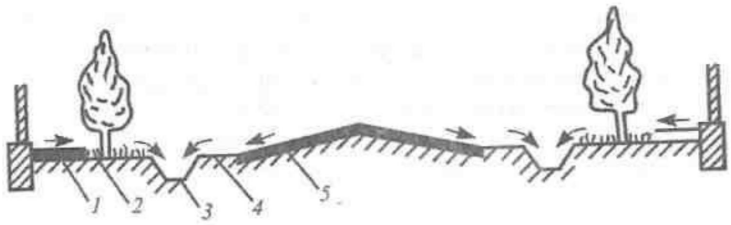


Рис. 3.1 - Открытый водосток:
1 - тротуар; 2 - газон; 3 - водосток; 4 -обочина; 5 - проезжая часть дороги

В местах пересечения с улицами, тротуарами, въездах в дома, на открытых водостоках устраивают мостики или трубопереходы. Открытые водостоки в 3-5 раз дешевле закрытых, но они быстрее замусориваются, что ухудшает санитарное состояние, мешает движению транспорта и уменьшает полезную площадь.

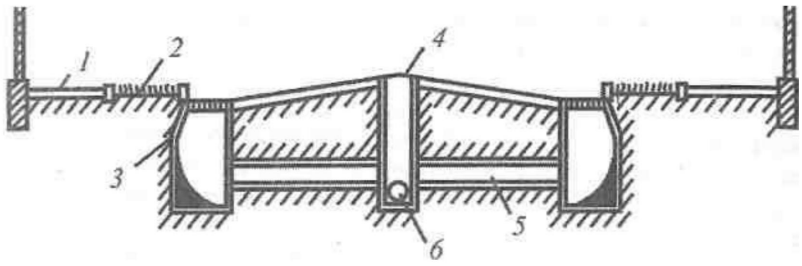


Рис. 3.2 - Закрытый водосток:
1 - тротуар; 2 - газон; 3 -ливнеприёмный колодец; 4 - шлюзовой колодец; 5 - соединительный трубопровод; 6 - коллектор

Водоприемниками для водосбросной сети служит местная гидрографическая сеть (реки, балки), в которые вода сбрасывается после обязательной очистки.

При определении расходов воды для гидравлического расчета водосбросной сети учитывают, что коэффициент стока с застроенных территорий и скорость добегания воды значительно больше, чем в естественных условиях.

К защитным мероприятиям принадлежат: искусственное повышение поверхности застройки, локальная защита отдельных сооружений и зданий (гидроизоляция, контурный дренаж); уменьшение прилива грунтовых вод путем строительства перехватывающих каналов и дрен; систематический дренаж.

В процессе строительства часто приходится искусственно снижать уровни грунтовых вод, применяя разные виды дренажа. С целью водопонижения при строительстве применяют временные дренажи; для длительного осушения с целью создания нормальных условий эксплуатации подземных коммуникаций, подвальных помещений применяют постоянный дренаж.

Строительное водопонижение осуществляют с помощью игольчатофильтрующих установок и вертикального дренажа.

Игольчатофильтровальная установка состоит из всасывающей системы, которая имеет углубленные в почву перфорированные трубы, а также насосный агрегат. С помощью насоса создают вакуум, благодаря которому воздух и вода из грунта поступают к насосному агрегату и отводятся за пределы осушаемого котлована. На строительных площадках, как временный способ осушения, применяют также шпунтовое ограждение и вертикальный дренаж.

В зависимости от вида устройств, которые применяются для перехвата грунтовых вод на промышленных площадках, различают такие **виды постоянного дренажа**: *горизонтальный*, *вертикальный*, *комбинированный*, *пластовый и пристенный*.

Горизонтальный дренаж на застроенных территориях делают всегда закрытым. Дренаж промышленных площадок и населенных пунктов отличается от дренажа сельскохозяйственных угодий по основным параметрами: глубина заложения дрен иногда достигает 8...12 м, диаметры дрен 20...60 см и больше, трубы и фильтры отличаются повышенной надежностью.

Перехватывающие дрены можно размещать с одной или со всех сторон осушаемой территории в зависимости от условий прилива воды. Систематический дренаж в случае необходимости размещают равномерно по территории, трассируя дрены по незастроенной территории, вдоль улиц, проездов. При соответствующем технико-экономическом обосновании для осушения населенных пунктов применяют и вертикальный дренаж.

Пластовой дренаж применяют для защиты отдельных сооружений и коммуникаций от затопления или капиллярного переувлажнения грунтовыми водами. Дренаж (рис. 3.3) представляет собой многослойный фильтр под сооружениями (здания, дороги и др.), который принимает гравитационные и капиллярные воды и отводит их за пределы сооружения. Применяют его в слабопроницаемых грунтах, в которых другие дренажи малоэффективны. Вода из пластового дренажа отводится дренами.

С внешней стороны фундаментов сооружения отсыпают песком и гравием пристенный дренаж (рис. 3.4). Эффективности работы такого дренажа полностью зависит от правильного выбора размеров песка и гравия (щебню) в зависимости от механического состава дренируемых грунтов.

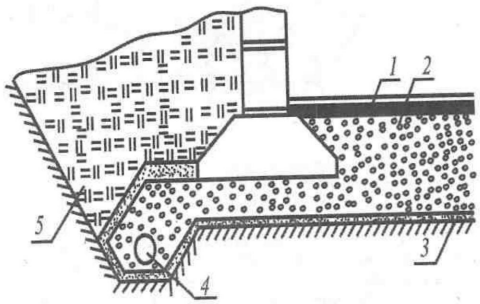


Рис. 3.3 - Пластовой дренаж:
1 - гидроизоляция; 2 - гравий; 3 - песок; 4 -дренажная труба; 5 - обратная засыпка

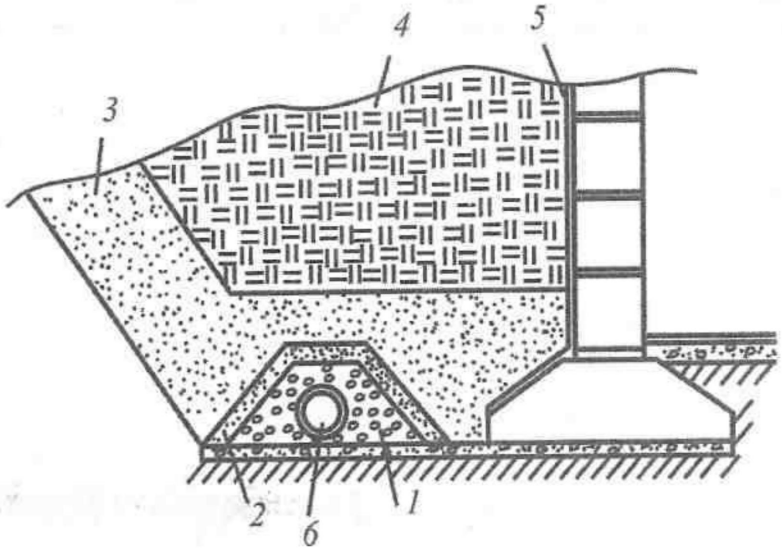


Рис. 3.4 - Пристенный дренаж:
1 - гравийная обсыпка; 2 - обсыпка крупнозернистым песком; 3 - песчаная засыпка; 4 - обратная засыпка местным грунтом; 5 - гидроизоляция; 6 - дрена

Для горизонтального дренажа применяют асбестоцементные и керамические трубы, их укладывают в траншее на песчано-гравийное основание, которое одновременно служит и частью фильтра. Для приема воды в трубах делают перфорацию. В качестве фильтра служит обсыпка труб слоями отсортированного гравия, щебня и песка. Хорошо зарекомендовали себя трубофильтры из пористого железобетона.

Самым надежным, но и самым дорогим, средством устранения заболоченности является повышение поверхности территории путем насыпки грунта или гидронамыва, что дешевле. Например, микрорайон Русановка в Киеве построен в заболоченной заводи Днепра, на которую предварительно была намыта многометровая толща песка из русла Днепра.

3.2. Подтопление земель

Подтопление - это такое повышение уровня грунтовых вод, при котором затрудняется нормальное использование территорий. К подтопляемым относятся сельскохозяйственные земли с залеганием грунтовых вод на глубинах меньше норм осушения (примерно меньше 1 м). В городах и поселках по санитарным условиям минимальная допустимая глубина залегания уровней грунтовых вод 3 м, в сельской местности — 2 м. Под зданиями и сооружениями уровень грунтовых вод должен находиться ниже подошвы фундаментов и подвалов на величину капиллярного поднятия, но не менее 0,5 м.

Подтопление земель в первую очередь наблюдается вблизи водохранилищ и озер вследствие фильтрации воды из них. Оно может быть также на пойменных как обвалованных, так и необвалованных землях в результате снижения дренирующей способности рек (заиления и зарастания русел, строительства гидротехнических сооружений и др.).

Чтобы предотвратить подтопление земель, необходимо в процессе проектирования водохранилищ, прудов или каналов составить прогноз повышения уровня грунтовых вод, определить площади подтопления, наметить и своевременно осуществить защитные мероприятия.

Прогнозирование подъема грунтовых вод обеспечивается наличием топографического плана местности, геологического строения и гидрогеологических условий, водно-физические свойства грунтов, а также величины повышения уровней воды в реках и водохранилищах.

Прогнозирование режима грунтовых вод выполняют следующими методами: *вероятностно-статистическим*, *балансовым*, *гидродинамического анализа* и *аналогового моделирования*.

Подъем уровней грунтовых вод на прилегающих землях обычно происходит медленно, максимальное его повышение может наблюдаться через несколько лет.

Для случая подпертой фильтрации со стороны водохранилища или канала приближенное решение дифференциального уравнения неустановившегося движения грунтовых вод получено С. Ф. Аверьяновым (рис. 3.5, *а*):

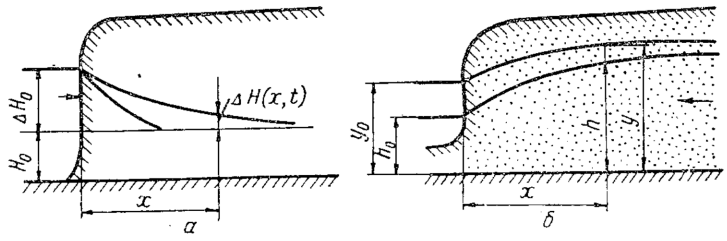


Рис. 3.5 - Схемы к расчету подъема уровней грунтовых вод:
а – при фильтрации воды из водохранилища или реки;
б - при притоке воды со стороны водораздела

$$\Delta H_{(k,t)} = \Delta H_0[1 - \Phi(\lambda)], \qquad (3.1)$$

где $\Delta H_{(k,t)}$ - прирост величины напора (в м) для сечения на расстоянии x от канала в момент времени t;

ΔH_0 - повышение напора в реке или канале, м;

$\Phi(\lambda)$ - расчетная функция (интеграл вероятности), определяемая по графику (рис. 3.6) в зависимости от величины:

$$\lambda = \frac{x}{2\sqrt{\frac{k}{\beta} h_{ср} t}}, \qquad (3.2)$$

где $h_{ср}$ - средняя мощность потока грунтовых вод, м; t - время подпора, сут.

Для случая притока грунтовых вод со стороны водораздела и подпора от реки или водохранилища приближенное решение дифференциального уравнения получено Н. Н. Веригиным (рис. 3.5, *б*):

$$y^2 = h^2 + (y_0^2 - h_0^2)[1 - \Phi(\kappa)], \qquad (3.3)$$

где у - мощность водоносного горизонта в сечении на расстоянии x от реки в момент времени t, м;

h - мощность водоносного горизонта в том же сечении до подпора, м;

y_0 - подпорный уровень воды в реке после создания водохранилища, м;

h_0 - уровень воды в реке до создания водохранилища, м;

$\Phi(\lambda)$ - та же расчетная функция, что и в формуле С. Ф. Аверьянова.

Прогнозирование подтопления земель по приведенным формулам выполняют в следующем порядке: 1) на прилегающих к водохранилищам или рекам территориях намечают расчетные створы, по профилям которых и определяют величины подъема уровня грунтовых вод; 2) составляют карты гидроизогипс; 3) определяют площади и объекты подтопления, к которым относят участки с залеганием уровня грунтовых вод на глубине, меньшей допустимой.

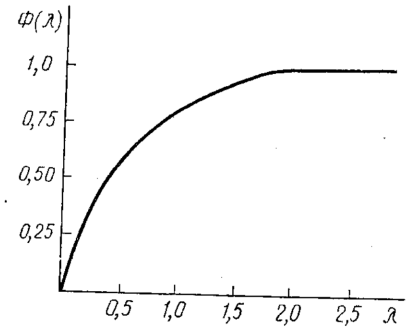


Рис. 3.6 - График для определения $\Phi(\lambda)$

В практике при более сложном геологическом строении и гидрогеологическом режиме прогнозирование подъема уровня грунтовых вод наиболее часто выполняют с помощью аналогового моделирования, используя в первую очередь метод электрогидродинамической аналогии (ЭГДА).

3.3. Способы и сооружения для защиты территорий от поверхностного затопления и подтопления

На территории Украины много больших и малых рек. Часть речной долины, периодически затапливаемую полыми водами рек, называют *поймой*. На этой территории часто наблюдается переувлажнение территорий, что затрудняет ее использование, как в сельскохозяйственных, так в промышленных целях. Избыточное увлажнение наблюдается также в приморских, приозерных и других низменностях.

Для таких территорий применяются *комплексные мелиорации* следующих видов:

- регулирование рек-водоприёмников;
- обвалование пойм;
- механическую откачку воды с обвалованных территорий;
- осушение пойменных земель;
- орошение (увлажнение) пойменных земель;
- аккумуляцию стока на водосборе;
- создание водохранилищ для регулирования речного стока;
- борьба с засолением земель;
- засыпка мелких озер и других понижений местности, а также планировка территорий;
- намыв грунта для повышения поверхности низменностей;
- борьба с эрозией грунтов.

Рассмотрим некоторые из перечисленных мероприятий, прямо направленные на защиту территорий от затопления и подтопления.

Самотечное осушение подтапливаемых территорий при помощи дренажей.

В зависимости от площадей подтопления и характера использования территорий, топографических и геологических условий, а также условий движения грунтовых вод со стороны водохранилища и водораздела применяют следующие схемы дренажа для борьбы с подтоплением земель:

1. Систематического дренажа - применяют в случаях, когда подтапливаются большие по площади территории. По этой схеме дренаж проектируют по всей подтапливаемой территории с расчетными параметрами.

2. Головного, или ловчего дренажа - используют при значительном притоке грунтовых вод со стороны водораздела. В этом случае головную дрену устраивают на пути движения грунтовых вод к подтапливаемой территории, у верхней ее границы.

3. Берегового дренажа - применяют в случае значительного притока фильтрационных вод со стороны водохранилища или реки. Береговую дрену

закладывают у нижней границы защищаемой территории вблизи береговой линии. Этот вид дренажа является основным и наиболее распространенным при борьбе с подтоплением земель.

4. Контурного, или кольцевого дренажа - используют для защиты отдельно стоящих небольших объектов. В этом случае дренаж проектируют вокруг защищаемого объекта.

На конкретных объектах дренаж можно проектировать по одной или нескольким схемам.

Дренаж для борьбы с подтоплением земель выполняют *горизонтальным* или вертикальным, *открытым* или *закрытым*.

Горизонтальные дрены применяют при неглубоком залегании водоупора, в однородных грунтах, а также в слоистых грунтах при уменьшении коэффициента фильтрации по глубине. Горизонтальные закрытые дрены устраивают из керамических, асбестоцементных или бетонных труб; их можно также выполнять в виде специальных галерей из бетона или каменной кладки. Для усиления водоприемной способности дрен траншею над ними следует засыпать хорошо водопроницаемым грунтом.

Искусственное повышение их поверхности.

Защиту территорий от затопления и подтопления в ряде случаев можно осуществлять путем *искусственного повышения их поверхности*, достигаемого намывом или насыпкой грунта.

Наиболее древний способ мелиорации и наращивания поверхности низменностей - ***кольматаж***, который заключается в периодических напусках на мелиорируемые территории речных вод, богатых наносами, и последующем отложении взвешенных наносов. Для более равномерного и качественного отложения наносов низменности разделяют земляными валиками на бассейны (чеки) площадью в несколько гектаров, куда обычно самотеком подается мутная вода из реки (рис. 3.7).

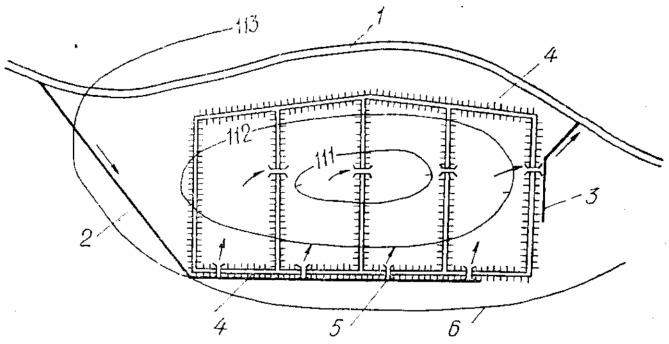


Рис. 3.7 - Схема кольматажа:
1 - река; 2 - подводящий канал; -3 - сбросной канал; 4 - земляные валы; 5 - водовыпуски в валах; 6 - горизонтали

Осаждение наносов выполняют *периодическим* или *непрерывным кольматированием*. При периодическом кольматировании вода в бассейнах стоит в течение 0,5...2 сут., после осаждения наносов ее сбрасывают через отводной канал в реку. После этого бассейны вновь заполняют мутной водой из реки. *Периодическое* кольматирование позволяет регулировать состав отлагаемых наносов. Нижние слои грунта формируют из более крупных наносов за счет быстрого сброса воды из чеков, а верхние - из более мелких илистых и глинистых частиц за счет задержания речных вод на более продолжительное время. Такое напластование наносов обеспечивает лучшую дренированность территорий и повышает плодородие создаваемых почв. При *непрерывном* кольматировании подаваемая вода движется по чекам со скоростями, при которых осаждаются наносы, заданных фракций, а осветленная вода сбрасывается обратно в реку.

Способ естественной кольматации применим только на территориях вблизи рек с большими расходами и значительным содержанием взвешенных наносов в воде. В таких условиях за один год можно нарастить слой грунта от 1 до 10 см и более.

Процесс кольматации длится 5-10 лет и более. После окончания кольматации поверхность планируют под уклон примерно 0,0002...0,0005 в сторону реки.

В Грузии кольматаж широко применяли в 1930-1950гг. на Колхидской низменности с использованием вод реки Риони, несущей много наносов. Но

равнинные реки СНГ содержат небольшое количество наносов в паводковых водах, поэтому кольматирование наносами здесь нерационально.

Гидронамыв грунта

Процесс кольматации можно ускорить *средствами гидромеханизации*, применяя размыв грунта с помощью гидромониторов и подачу пульпы (разжиженного грунта) на чеки по лоткам или напорным трубопроводам. Однако из-за высокой стоимости искусственный намыв грунта применяют редко. Его использование оправданно в тех случаях, когда одновременно с кольматацией проводят дноуглубительные работы на реках, озерах или водохранилищах. Так, при углублении фарватера Днепра в Киеве размытую с помощью земснарядов песчаную пульпу использовали для намыва острова Русановка, на котором построен новый жилой массив.

При искусственном намыве грунта необходимо предусматривать дренажную сеть, обеспечивающую недопущение поднятия уровня грунтовых вод как в процессе намыва, так и при последующей эксплуатации территорий.

Кольматаж можно применять не только для поднятия поверхности земли над уровнем грунтовых вод, но и для покрытия плодородным слоем территорий с бесплодными песчаными или галечниковыми грунтами.

На пониженных участках, примыкающих к жилым или промышленным территориям, в целях получения дополнительных площадей для их расширения в последние годы начали применять механическую подсыпку привозным грунтом.

Регулирование водоприёмников

Осуществляется следующими способами:

- увеличением поперечного сечения русел рек;

- расчистка русел от засоров (удаление растительности, удаление деревьев, заиления);

- спрямление русла реки-водоприемника;

- при помощи выправильных сооружений (струенаправляющие дамбы, прерывистые дамбы - траверсы, водостеснительные сооружения – буны, полузапруды);

- устранение искусственных подпоров воды и снижение уровня воды в водоемах и озерах (реконструкция искусственных сооружений; увеличение отверстий; ликвидация запруд).

Обвалование

Обвалование - устройство дамб (валов) для защиты земель от затопления. Такие защитные территории с мелиоративной системой на ней называется *польдерами (голландское poel –болото, лужа).* Удаление воды с обвалованных территорий осуществляется как правило при помощи механического удаления – откачкой насосами.

Осушение земель механическим водоподъёмом

Механическую откачку воды применяют в тех случаях, когда уровни воды в водоприемнике периодически или постоянно находятся выше уровней воды в осушительной сети.

Механический водоподъем используют в основном при осушении обвалованных территорий - приморских, приозерных и речных (пойменных) польдеров, а также польдеров, примыкающих к водохранилищам. Так, на польдерных системах в поймах рек Ирпень, Трибеж, Тясмин, примыкающих к водохранилищам Днепровского каскада, построены крупные насосные станции производительностью каждая 60...85 $м^3$/с. На речных польдерах Закарпатской области откачка воды осуществляется шестью насосными станциями общей производительностью 32,3 $м^3$/с.

В отдельных случаях, когда опасности затопления нет, но уровень воды в водоприемнике все-таки выше, чем в осушительных каналах, применяют машинное осушение без устройства оградительных дамб. Такие системы устраивают при осушении торфоразработок, строительных площадок, замкнутых и безуклонных территорий во избежание заглубления водоприемника.

Осушение пойменных земель с механической откачкой воды имеет ряд **преимуществ** по сравнению с самотечным осушением.

Во-первых, механический водоподъем дает возможность управлять процессами стока с осушаемой территории, т. е. ускорять отвод воды во влажные периоды года и замедлять его в засушливые. Этим самым можно осуществлять эффективное регулирование водного режима почв на обвалованной территории.

Во-вторых, благодаря механическому водоподъему на поймах и низменностях можно понижать уровни грунтовых вод на сельскохозяйственных угодьях в более короткие сроки, чем при самотечном осушении, и тем самым обеспечивать проведение весенних полевых работ в более ранние сроки, а осенью – лучшую проходимость уборочных машин.

В-третьих, путем откачки можно понижать уровни грунтовых вод и в зимнее время, что способствует поддержанию в почве лучшего водно-воздушного режима почв и снижает объем весеннего стока.

К недостаткам механического осушения следует отнести большие капиталовложения на устройство дамб и насосных станций (повышается стоимость систем примерно на 30%), а также высокие эксплуатационные расходы, включающие стоимость откачки воды.

Несмотря на эти недостатки, осушение пойменных земель с механическим водоподъемом является эффективным и перспективным, так как позволяет осуществлять большую мобильность и гибкость в управлении водным режимом земель, не затрагивая проблем по регулированию крупных водоприемников и мелиорации земель в разрезе гидрографических бассейнов.

На польдерных осушительных системах в дополнение к обычной осушительной сети проектируют: 1) защитные дамбы; 2) насосные станции; 3) водовыпуски в дамбах; 4) сборные или регулирующие бассейны (рис. 3.8 и 3.9).

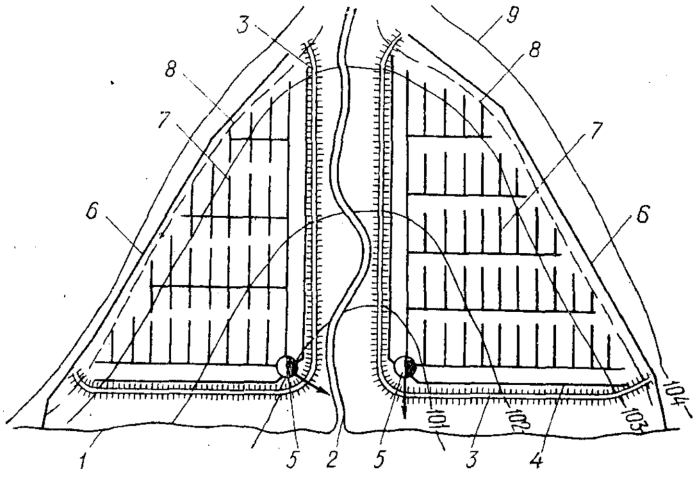


Рис. 3.8 - Схема приморской польдерной системы:
1 - береговая линия; 2 - река; 3 - оградительная дамба; 4 - дренирующий канал у дамбы; 5 - насосная станция; 6 - нагорно-ловчий канал; 7 - осушительная сеть внутри польдера; 8 – граница периодического затопления; 9 - горизонтали

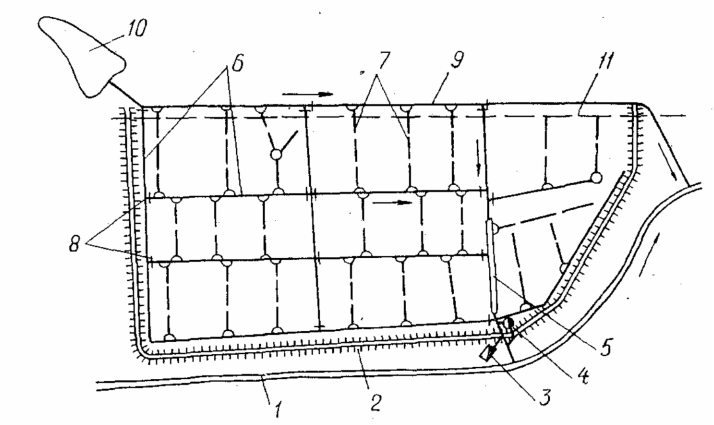


Рис. 3.9 - Схема польдерной осушительно-увлажнительной системы в пойме реки:
1 - река; 2 - оградительная дамба; 3 - выпускной шлюз в дамбе; 4 - насосная станция; 5 - регулирующий бассейн (расширенная часть магистрального канала);6 - открытые осушительно-увлажнительпые каналы; 7 - закрытый дренаж; 8 - шлюзы-регуляторы на каналах; 9 - нагорно-ловчий канал; 10 - водохранилище; *11 - граница поймы*

Компоновка узла насосной станции приведена на рис. 3.10.

В периоды, когда горизонты воды в водоприемнике находятся выше, чем в осушительных каналах внутри польдера, отвод воды обеспечивается с помощью насосных станций. На речных польдерах насосные станции включаются периодически: в весеннее половодье и в периоды дождей. В остальное время, когда уровни воды в водоприемнике находятся ниже горизонтов воды в осуши-

тельных каналах, вода из польдеров отводится в основном самотеком через выпускные шлюзы в дамбах.

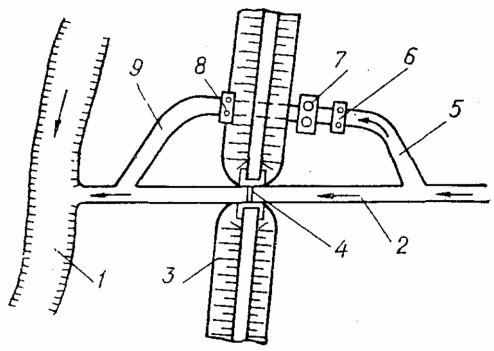


Рис. 3.10 - Компоновка узла насосной станции:
1 - река-водоприемник; 2 - концевая часть магистрального канала; 3 - оградительная дамба; 4 - выпускной шлюз в дамбе; 5 — подводящий канал к насосной станции; 5 - водоприемная камера; 7 - насосная станция; 8 - выпускной колодец; 9 - отводящий канал

Самотечный сброс воды может осуществляться и через специальные трубопроводы внутри насосных станций. Продолжительность чистой работы насосных станций на речных польдерах составляет 15...30% времени года. На приморских польдерах и польдерах в зонах водохранилищ насосные станции обычно работают постоянно.

Насосные станции и водовыпуски в дамбах могут служить также для подачи воды на польдер из водоприемника для увлажнения почв.

Чтобы снизить мощность насосных станций и повысить равномерность работы агрегатов, перед насосными станциями устраивают сборные или регулирующие бассейны. Накапливая в себе часть паводковых вод, которые будут откачаны после прохождения паводка, регулирующие бассейны дают возможность снижать расход насосных станций.

При откачке из польдеров бытовых вод сборные бассейны будут накапливать воду в периоды остановки насосов и тем самым уменьшать количество их включений.

В качестве сборных бассейнов используют: а) естественные понижения и водоемы, которые соединяют с магистральным каналом; б) регулирующую ем-

кость каналов, получаемую за счет увеличения поперечного сечения нижнего участка магистрального (подводящего) канала.

Глубину регулирующих бассейнов устанавливают с таким расчетом, чтобы уровень воды в нем во время паводка не превышал максимальный расчетный уровень воды в магистральном канале. Дно бассейна проектируют примерно на 0,5 м ниже дна впадающих в него каналов для осаждения здесь наносов и обеспечения надежной работы осушительной сети.

На польдерных системах значительны эксплуатационные расходы по перекачке воды насосными станциями, поэтому принимают все меры к снижению количества перекачиваемой воды и увеличению до максимума самотечного сброса воды. Для этого осушаемые территории со стороны прилегающих водосборов ограждают нагорными и ловчими каналами, которые самотеком отводят воду за пределы польдеров (см. рис. 3.8).

Осушительная или осушительно-увлажнительная сеть, способы осушения и увлажнения на польдерных системах почти не отличаются от обычных осушительных систем. Однако для уменьшения высоты подъема воды насосами магистральные и другие каналы проектируют более мелкими (без излишнего заглубления) и с минимальными уклонами.

Размеры осушительных каналов принимают такими, чтобы при пропуске летних паводковых расходов не допускалось подтопление, т. е. расчетный горизонт в каналах поддерживался бы на 0,4..., 0,5 м ниже бровки. Кроме того, каналы проверяют на пропуск бытовых (меженных) расходов с целью недопущения подпоров, заиления и зарастания их.

Конструкции осушительных насосных станций

На польдерных системах, как правило, проектируют *стационарные* насосные станции. *Передвижные* насосные станции можно проектировать в виде исключения в случаях редкой и не ежегодно наблюдающейся потребности в откачке воды.

Стационарные насосные станции размещают в самых пониженных местах польдера в дамбах или вблизи них. Водозаборы могут быть совмещенного (со зданием насосной станции), раздельного или полураздельного типа.

В условиях больших и часто изменяющихся расходов и небольшой высоты подъема большинство насосных станций в настоящее время проектируют с осевыми вертикальными насосами типа. Здания проектируют камерного типа с сухими помещениями для насосов или с мокрой камерой. Подземную часть выполняют из монолитного железобетона, надземную - из кирпича или сборного железобетона (рис. 3.11).

Наряду с осевыми вертикальными насосами на польдерных системах Украины, Белоруссии и Прибалтийских государств начали применять погружные капсульные электронасосы типа ОПВ 2500-4,2; которые устанавливают непосредственно в каналах, без зданий насосных станций (рис. 3.12). Преимущество этих насосов заключается в простоте устройства и эксплуатации, в более низкой стоимости строительства.

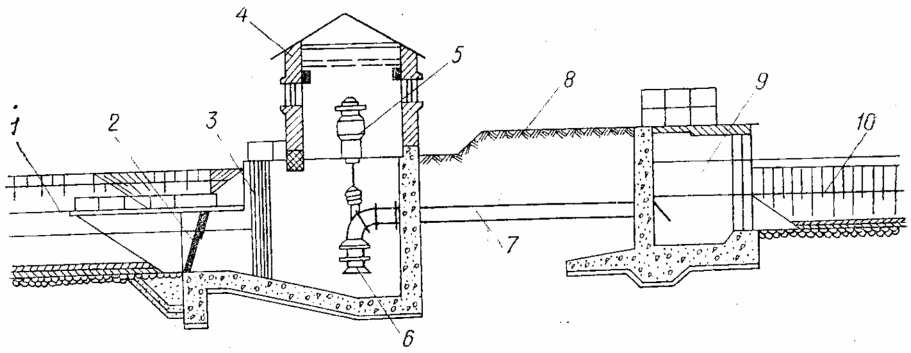


Рис. 3.11 - Насосная станция полураздельного типа:
1 - концевая часть магистрального канала; 2 - сороудерживающая решетка; 3 - пазы для затворов и решеток; 4 - здание насосной станции; 5 - электродвигатель; 6 - осевой насос; 7 - напорный трубопровод; 8 - дамба; 9 - выпускной колодец; 10 - отводящий канал

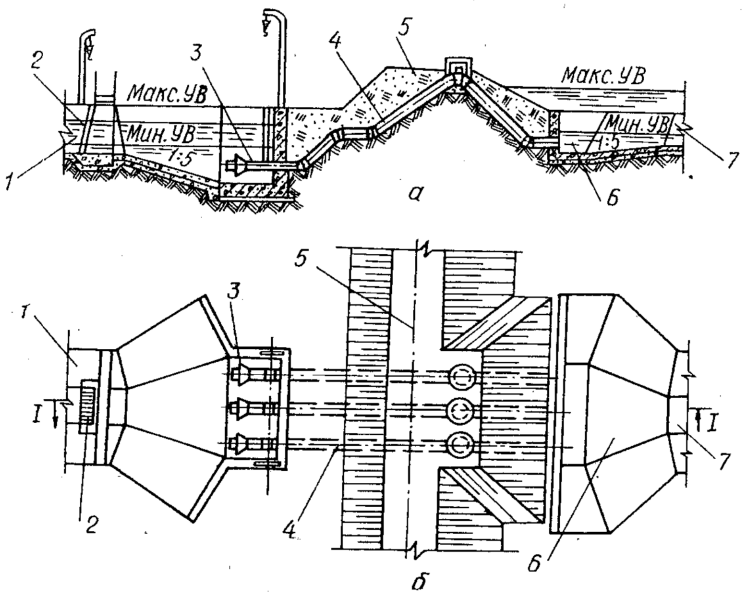


Рис. 3.12 - Насосная станция с капсульными насосами:
а - разрез по I-I; б - план; 1 - устье магистрального канала;
2 - сороудерживающая решетка; 3 - капсульный электронасос;
4 - напорный трубопровод; 5 - земляная дамба; 6 - выпускная камера;
7 - отводящий канал

Центробежные насосы, имеющие большую высоту подъема, для осушительных насосных станций малопригодны, так как они работают с низким КПД.

Из-за большой неравномерности работы осушительных насосных станций на них устанавливают не один насос максимальной производительности, эксплуатация которого невыгодна при малых расходах, а 2-4 меньшей производительности, которые все вместе работают только при откачке паводковых вод. В течение же вегетационного периода может работать только один насос, а остальные будут проходить профилактический ремонт. Можно также насосную станцию отключить полностью.

Насосные станции следует проектировать двухстороннего действия, что позволит не только удалять избыточные воды с польдера, но и подавать воду в каналы из водоприемника для увлажнения.

Многие насосные станции в настоящее время автоматизированы - включаются и выключаются при наивысших и наинизших допускаемых горизонтах воды в подводящих каналах.

3.4. Реконструкция гидромелиоративных систем. Основные задачи и необходимые мероприятия

Строительные работы следует организовывать исходя из технических решений проектов реконструкции и переоборудования мелиоративных систем.

В проекте выполнения работ по реконструкции мелиоративных систем следует предусматривать, кроме общепринятых правил проведения строительных работ, расчеты длительности реконструкции и занятости строительной организации на тот период, когда по условиям сельскохозяйственного использования мелиорируемых земель выполнение строительных работ на системе не предусматривается.

Длительность реконструкции оросительных систем определяется, в основном, двумя факторами:

- возможностью отведения земель под реконструкцию на протяжении вегетационного периода;

- комплексом намеченных строительно-монтажных работ, которые состоят из таких видов: работы на каналах и сооружениях, реконструкцию которых можно осуществить только в межвегетационный период, и работы на всех других каналах, сооружениях и элементах системы, реконструкцию которых можно осуществлять на протяжении всего года.

Рассчитывая длительность реконструкции, деление по годам капитальных вложений и объемы строительно-монтажных работ, площади мелиорируемых земель, которые подлежат реконструкции, определяя сроки введения в действие мощностей и основных фондов, необходимо учитывать такие условия:

- реконструкция систем площадью свыше 250 *га* должна выполняться на протяжении года (в вегетационный и межвегетационный периоды);

- мелиорируемые площади, на которых система реконструируется в межвегетационный период, не должны исключаться из сельскохозяйственного оборота; строительные работы на таких землях следует заканчивать к началу вегетации;

- земли, на которых система реконструируется на протяжении вегетационного периода, должны быть изъяты из сельскохозяйственного оборота на один год.

Точность строительства и реконструкции гидротехнических сооружений мелиоративных систем

Выбор класса точности определяется классом капитальности сетевых сооружений.

Классы точности сетевых сооружений, которыми следует руководствоваться при разработке технологических карт на монтаж сетевых сооружений, приведенные в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Классы точности сетевых сооружений

Класс капитальности сетевых сооружений	***Класс точности сетевых сооружений***
1	1
2	2-3
3	3-4
4	4-6
Примечание*. Класс точности монтажа сетевых сооружений 2-4 классов, которые строятся из сборных железобетонных деталей и конструкций, принимают равным классу сооружений.*	

В технологических картах на строительство и монтаж сетевых сооружений должны быть установленные допуски:

- на розбивочные геодезические работы;

- на установление элементов сооружений.

При определении величин допусков следует руководствоваться ГОСТ 21778, ГОСТ 21779, ГОСТ1780.

3.5. Эрозия грунтов. Способы борьбы с эрозией

Смыв, размыв почв, образование оврагов вследствие неурегулированного поверхностного стока талой, дождевой и ливневой водой называется **водной эрозией почв.**

Ежегодный почвенный смыв с полей и пастбищ СНГ составляет около 1800 млн.т. В результате этого почвы теряют около 5,4 млн.т азота, 1,8 млн. т фосфора, 36 млн. т калия и много других питательных элементов. Такого количества питательных веществ вполне достаточно для получения 180 млн. т зерна. Эродированные почвы характеризуются пониженным содержанием гумуса и, как следствие, не благоприятными вводно-воздушными и тепловыми свойствами, повышенным коэффициентом поверхностного стока, пониженной жизнедеятельностью микроорганизмов.

По происхождению различают *природную* и *ирригационную* эрозию. Природная эрозия происходит под действием атмосферных осадков, а ирригационная возникает вследствие деятельности человека.

По характеру воздействия воды на почву различают *капельную*, *поверхностную*, *линейную* и *подземную* эрозию.

Капельная эрозия – это процесс разрушения почвы от ударного действия капель дождя или ливня. Для предупреждения капельной эрозии необходимо применять почвозащитные севообороты с многолетними травами.

Поверхностная эрозия – процесс смыва верхних слоев грунта нерегулированным поверхностным стоком, вследствие чего образуются смытые почвы с укороченным профилем. Вода со склонов стекает струями, которые и вызывают смыв поверхностного слоя почвы. После вспашки или обработки почвы культиватором струйные размывы заравниваются, поэтому эрозия протекает сначала незаметно. В последующие периоды снеготаяния и ливневых дождей смыв почвы возобновляется, в результате пахотный слой постепенно сносится и его мощность уменьшается.

В зависимости от величины смытого слоя выделяют слабо-, средне- и сильносмытые почвы, а иногда – и очень сильно смытые почвы.

Для предупреждения плоскостной эрозии проводят агро-, лесо- и гидромелиоративные мероприятия.

Линейная или глубинная эрозия – процесс разрушения грунта более значительными потоками воды, которые углубляются в породы, залегающие под пахотным слоем. Образовавшиеся промоины глубиной 40…50 см не могут быть снивелированы обычной вспашкой. Если промоину своевременно не засыпать, она, как правило, со временем перерастет в овраг.

Борьба с эрозией на этой стадии заключается в засыпке промоин грунтом, засеве трав.

Развитый овраг имеет вершину, устье, конус выноса, дно, русло, откосы и бровки.

Подземная эрозия происходит непосредственно под крутыми вертикальными откосами оврагов, в местах, где грунты содержат легкорастворимые соли (гипс, карбонаты). Грунтовые воды растворяют соли, образуя пустоты. Грунт оседает, образуя на поверхности блюдца. При дальнейшем развитии подземной эрозии происходят обвалы грунта, образование отвершков оврагов.

По темпу появления эрозию почв разделяют на *нормальную* и *ускоренную*. Нормальная эрозия – когда снос почвы не превышает темпа почвообразования, а ускоренная – когда снос почвы превышает темп почвообразовательного процесса, в результате чего снижается почвенное плодородие. Нередко нормальную эрозию называют естественной или геологической, а ускоренную - антропогенной.

Проявлению ускоренной эрозии способствуют следующие природные условия:

- большие запасы воды в снеге перед снеготаянием и интенсивное снеготаяние на склонах с южной и западной экспозициями;

- большое количество осадков, выпадающих за один дождь в периоды, когда почва не покрыта растительностью;

- наличие длинных склонов большой крутизны (5…10^0 и более);

- наличие слабопроницаемых бесструктурных почв или легких песчаных почв, подстилаемых на небольшой глубине грунтами с низкой водопроницаемостью;

- наличие подстилающих пород со слабой сопротивляемостью размыву (лессы, пески и др.);

- разреженный растительный покров, не способный полностью защитить почву от эрозии.

Однако природные условия создают лишь предпосылки для возникновения ускоренной эрозии, но непосредственной причиной ее явления является неправильная производственная деятельность человека, в процессе которой он не учитывает природных закономерностей явлений.

Для защиты почвы от эрозии применяются следующие противоэрозионные мероприятия: *организационно-хозяйственные*, *агромелиоративные*, *лесомелиоративные* и *гидромелиоративные*.

Организационно-хозяйственные мероприятия предусматривают создание условий для предотвращения и прекращения эрозионных процессов, рационального использования земель и повышения плодородия почв. Мероприятия этой группы включают:

1. Правильный выбор направления ведения сельского хозяйства и севооборотов; рациональное размещение почвозащитных севооборотов, участков под полезащитные, водорегулирующие и овражно-балочные насаждения на землях, где имеется опасность появления эрозии.

2. Рациональное размещение и строительство дорожной сети (дороги следует прокладывать по стокорассеивающим элементам рельефа; кюветы – засевать многолетними травами).

3. Правильную планировку территории поселков и окружающих его земель.

4. Размещение полей длинной стороной вдоль горизонталей местности.

Агромелиоративные противоэрозийные мероприятия представляют собой приемы противоэрозионной технологии возделывания культур на склонах. К ним относятся:

1. Фитомелиоративные агрономические приемы, которые предусматривают выращивание многолетних трав и однолетних культур для защиты почв от эрозии, восстановления ее плодородия.

2. Приемы противоэрозионной обработки почв (контурная обработка, глубокая вспашка, щелевание, кротование и др.), направленные на задержание и накопление влаги в почве.

3. Специальные приемы задержания снега и регулирования снеготаяния (расстановка щитов, валкование снега, полосная укатка снега и др.).

4. Внесение увеличенных доз органических, минеральных и микроудобрений, известкование кислых смытых почв и гипсование засоленных смытых почв.

Лесомелиоративные противоэрозионные мероприятия характеризуются водорегулирующей и кольматирующей ролью лесной подстилки, ветроломным действием, способствующим более равномерному распределению земных осадков и снеготаянию, снижению величины испарения с поверхности почв.

По мелиоративному воздействию их разделяют на следующие виды:

1. Ветрозащитные лесные полосы, закладываемые на равнинных участках рельефа и на пологих склонах по границам полей севооборотов.

2. Противоэрозионные лесные, кустарниковые и лесокустарниковые полосы, закладываемые поперек склонов вдоль границ севооборотов.

3. Приовражные лесные полосы.

4. Лесонасаждения и кустарниковые насаждения по откосам и днищам оврагов.

5. Облесение сильно размытых, а также очень крутых склонов, непригодных для сельскохозяйственного использования.

6. Водозащитные лесные и кустарниковые насаждения вокруг водоемов и по берегам рек, а также вдоль оросительных и сбросных каналов.

Гидромелиоративные противоэрозионные мероприятия предусматривают использование гидротехнических сооружений, предназначенных для регулирования поверхностного стока и закрепления овражно-балочных систем, а также производство работ, связанных с мелиорацией разрушенных эрозией земель и освоением крутых склонов (засыпка промоин и оврагов, выполаживание (сглаживание) откосов оврагов, планировка склонов, террасирование и др.).

В зависимости от назначения гидротехнические сооружения делятся на *водозадерживающие*, *водонаправляющие*, *водосбросные* и *донные*. Они создаются соответственно на водосборной площади, в вершинах балок, оврагов и по дну гидрографической сети.

Водозадерживающие сооружения регулируют поверхностный сток путем его задерживания и постепенного отвода или использования для увлажнения почвы. К ним относятся валы-террасы и водозадерживающие валы-канавы.

Горизонтальные валы-террасы сооружают на обрабатываемых склонах, в садах, на участках залужения при уклонах до 6^0 на хорошо водопроницаемых почвах, преимущественно в зонах недостаточного и умеренного увлажнения. Высоту вала принимают 0,3…0,6 м, заложение верхового откоса – 1:8…1:10, а низового – 1:4…1:6. Это позволяет сельскохозяйственным машинам легко преодолевать вал при обработке почвы и уборке урожая (рис. 3.13).

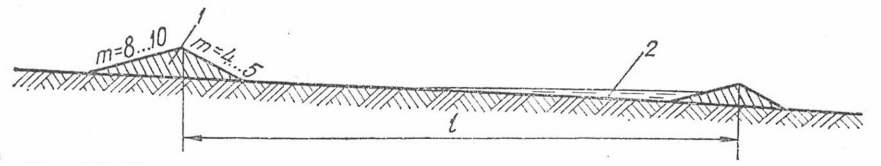


Рис. 3.13 - Горизонтальные валы-террасы: 1 - вал; 2 - прудок

Это позволяет сельскохозяйственным машинам легко преодолевать вал при обработке почвы и уборке урожая.

Валы-террасы стоят по горизонталям местности по возможности с минимальным количеством изгибов и параллельно один к другому. Расстояние между ними устанавливают в результате гидрологических расчетов и принимают кратным захвату основных сельскохозяйственных орудий.

Наклонные валы-террасы создают в условиях избыточного увлажнения и при наличии тяжелых маловодопроницаемых почв для уменьшения скорости стекания поверхностных вод на склонах до 8^0. Они представляют собой валы с широким основанием (3…6 м), формируемые путем сдвигания земли с одной или двух сторон. Высоту вала и глубину прудка принимают от 0,3 до 0,6 м. Выемку делают широкой, с малым уклоном.

Такие валы-террасы устраивают под некоторым углом к горизонталям с небольшим продольным уклоном (0,001…0,005), чтобы сбросить часть воды.

Валы-террасы строят при помощи плугов общего назначения (ПН-4-35, ПН-3-40 и др.), оборотных плугов (ПОН-3-40 и др.), исключающих холостые проходы, прицепных рейдеров (Д-20А) и автогрейдеров (Д-598А, Д-710А) или бульдозера. Наиболее широкое распространение при формировании валов получил комбинированный способ, сочетающий работу пахотного и грейдерного агрегатов.

Водозадерживающие валы строят, чтобы приостановить рост оврагов. Сооружение состоит из тела вала, корытообразной выемки-канавы, шпор, перемычек, водовыпусков и водообходов (рис. 3.14).

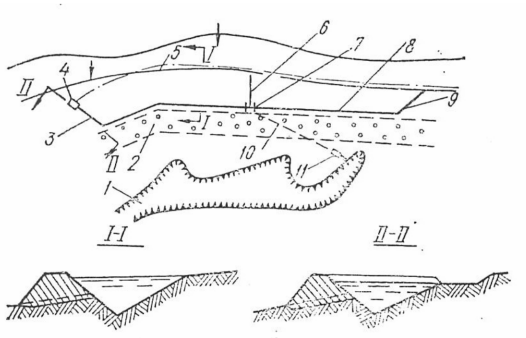


Рис. 3.14 - Размещение водозадерживающего вала-канавы у вершины оврага:
1 - овраг; 2 - приовражная лесополоса; 3 - переливная шпора; 4 - водообход; 5 - прудок; 6 - перемычка; 7 - водовыпуск; 8 - водозадерживающий вал-канава; 9 - глухая шпора; 10 - кювет (канава); 11 - концевой водосброс

Тело вала удерживает воду, которая собирается перед ним в прудке после дождя или таяния снега. Чтобы вода из прудка не обтекала вал, на его концах устраивают земляные дамбы–шпоры. Шпоры располагают в плане относитель-

но вала под углом не менее 110…130^0 против склона, чтобы их не подмывала вода со стороны сухого откоса. При большой длине вала прудок делят поперечными валами, так называемыми перемычками, которые располагают перпендикулярно валу с расстояниями между ними 80…150 м.

Вода, которая задерживается в прудке, фильтруется через его дно и боковые поверхности. При значительной глубине прудка и слабой проницаемости грунта для опорожнения прудка устраивают водовыпуски. Если прудок не в состоянии принять всю воду, то во избежание перелива через гребень вала и его разрушения в конце шпоры устраивают водообход шириной 1,5…3 м, который закрепляют посевом трав, дерном, хворостом и другими материалами. Размещают валы-канавы на приовражном участке по горизонталям местности выше растущей вершины оврага и на водосборной площади.

Водонаправляющие сооружения (водоотводящие валы-канавы, распылители стоков, ливнеотводы) направляют поверхностный сток к водозадерживающим или водосбросным сооружениям или рассредоточивают водный поток на мелкие ручейки. Они также отводят сток от действующих вершин и отвершков оврагов и от склонов.

Водоотводящие валы-канавы применяют для перехвата и отвода поверхностного стока от оврагов с большим количеством отвершков (рис. 3.15), а также выполаживании их.

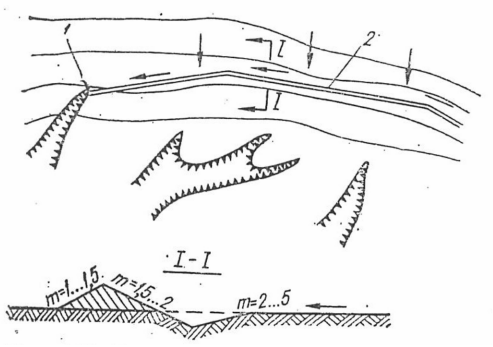


Рис. 3.15 - Водоотводящие валы-канавы:
1 – водосбросное сооружение; 2 – водоотводящий вал-канава

Поперечный профиль вала принимают трапециидальной или треугольной формы с выемкой треугольного сечения. Сухой откос вала принимают равным 1…1,5, мокрый и нижний откос канавы – 1,5…2,0, верхний откос – 2…5.

Ширина вала по гребню 2,5 м. Целесообразно создавать их проходимыми для механизмов по типу широких валов-ложбин с пологими откосами 1:5…1:8, небольшой глубины – 0,5…0,6 м при ширине по дну 1…1,5 м. Отметки гребня вала проектируют не менее чем на 0,2 м выше расчетного уровня воды при расходах до 1 $м^3$ на секунду и не менее 0,4…0,5 м при расходах 1…10 $м^3/с$. Чтобы канава не заиливалась, гребню вала и дну выемки придается уклон, близкий допустимому на размыв для данных почв (0,005…0,003).

Земляные работы при строительстве валов выполняют бульдозером, грейдером и катком без ручных доработок. Водоотводящие канавы глубиной 50…60 см устраивают при помощи плантажного плуга.

Распылители стока устраивают для рассредоточения концентрированного водного потока в естественных ложбинах, разъемных бороздах, у опушек лесополос, по полевым дорогам, имеющим уклон 0,009 ($0,5^0$) и более.

Они представляют собой земляные валики, перегораживающие ложбину под углом 45^0 к направлению оси водотока, выводящие сток на прилегающий склон (рис. 3.16). Высота валиков – 0,3…0,5 м. Сечение валов-распылителей делается треугольной или трапециидальной формы с заложением откосов 1:1,5. Размещают распылители по ложбинам через каждые 50…100 м.

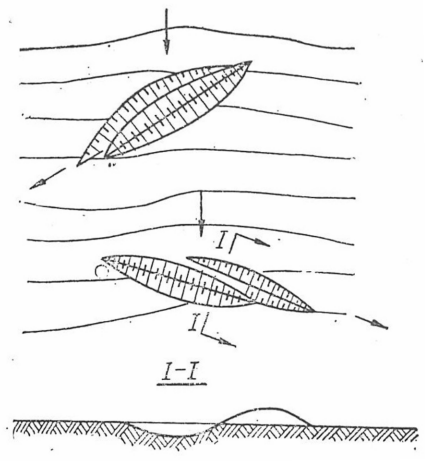


Рис. 3.16 - Схема расположения распылителей стока по ложбине

Ливнеотводы представляют собой каналы, дно и откосы которых закреплены. Они служат для быстрого отвода воды.

Водосбросные сооружения (быстротоки, ступенчатые и консольные перепады) служат для сброса на дно оврага воды, поступающей через вершинный перепад, и для гашения избыточной энергии в непосредственной близости от сооружения.

Донные сооружения по дну оврагов применяют для прекращения дальнейшего размыва и увеличения ширины русла, уменьшения скорости потоков, предотвращения подмыва сопрягающих вершинных сооружений, задержания твердого стока.

Применяют следующие типы донных сооружений: запруды, донные перепады и пороги, плотины. Тип запруд (плетневые, фашинные, деревянные, земляные, каменные или бетонные и т.п.) определяют исходя из наличия местных строительных материалов, расхода воды и инженерно-геологических условий местности.

Склоновые овраги глубиной до 5…6 м и длиной до 300…400 м с площадью водосбора не более 5 га целесообразно частично или полностью засыпать грунтом с сохранением растительного слоя на поверхности.

Комплекс противоэрозионных мероприятий в бассейнах балок необходимо завершить постройкой прудов, которые прекращают размывы в балке, с использованием для орошения аккумулированного в них местного стока.

Основными предпосылками развития водной эрозии на орошаемых и осушаемых землях являются: превышение допустимых, из условия размыва, скоростей движения воды в бороздах и на полосах при поверхностном поливе на больших уклонах; плохая планировка поверхности поливных участков; несоответствие качества дождя вводно-физическим свойствам почвы (крупные капли дождя разрушают структурные агрегаты почвы, уменьшая ее водопроницаемость; при интенсивности дождя, превышающей впитывающую способность почвы, появляется слой невпитавшейся воды, который приводит к поверхностной эрозии); проектирование и строительство открытой оросительной и осушительной сетей по направлению больших уклонов; отсутствие водосборно-сбросной сети или неудовлетворительная ее эксплуатация; большие фильт-

рационные потери и технические утечки воды из оросительной сети; неудовлетворительная эксплуатация оросительных и осушительных систем.

Борьба с оползнями грунта и селевыми потоками

К явлениям водной эрозии почв относятся и оползания больших масс грунта на естественных склонах или в искусственных откосах выемок и насыпей под действием выклинивающихся грунтов вод, а также образование селевых потоков в предгорных и горных районах.

Основными причинами образования оползней являются: наличие крутых и высоких склонов; слоистое строение грунтовой толщи с наклоном слоев в сторону склона; большая трещиноватость горных пород; насыщение грунтовых масс подземными водами. Активизацию оползней вызывает устройство выемок в нижней части оползневого откоса или насыпей в верхней части, распашка и полив земель на склонах, сброс ливневых, талых, сточных и других вод, расположение водопроводно-канализационной сети, уничтожение древесно-кустарниковой растительности на склонах, дополнительные нагрузки от тяжелых строительных машин и др.

Для предупреждения оползней проводят следующие мероприятия: уполаживают откосы и закрепляют их, сооружают подпорные стенки, устраивают дренажи на оползневых склонах.

В горных условиях на крутых длинных склонах в результате интенсивного разрушения горных пород, выпадения ливневых осадков (50…60 мм) происходит образование селевых потоков.

Сель - это движущийся по склону или руслу горного потока грязекаменный поток, который после прекращения движения медленно застывает. Имея большую энергию на сравнительно узкой полосе своего движения, он обладает большой разрушительной силой.

Для предупреждения образования селей ведут лесонасаждения на склонах, посев трав, террасирование, создание террас-канав, регулирующих и задерживающих сток на склонах.

Для борьбы с уже сформировавшимся селевым потоком строят плотины, запруды, ливнеотводящие каналы, наносоуловители, а также разжижают селевый поток подачей в него воды из специально построенных водохранилищ, в результате чего он распадается на отдельные составляющие и резко теряет свою разрушительную силу.

3.6. Природоохранные мероприятия в зонах осушительных и оросительных мелиораций

Мелиоративные системы относятся к сооружениям, которые в результате длительной эксплуатации вызывают определенные изменения в гидрологической обстановке, растительности, характере почв и микроклимате приземного слоя воздуха на мелиорированных массивах и прилегающих к ним территориях.

Наряду с высокой эффективностью сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций, приводящих к повышению урожайности сельскохозяйственных культур, имеются случаи и малой их результативности, а иногда они вызывают и отрицательные последствия.

При неправильном орошении могут наблюдаться затопление и заболачивание земель, подъем минерализованных грунтовых вод выше допустимого уровня, засоление, осолонцевание, водная эрозия почв, оползни и абразия берегов водохранилищ, загрязнение водотоков из дренажной сети и др.

Избыточное увлажнение и заболоченные территории с присущей им растительностью и животным миром после осушения также существенно изменяются.

При неправильном осушении наблюдается понижение уровня грунтовых вод до недопустимых пределов, что вызывает переосушку земель. Имеют место ветровая эрозия, изменение количественного состава вод, быстрая минерализация торфа, повторное заболачивание и др. Изменяется растительный покров и животный мир. Все это связано не только с организационно-

техническими причинами, но и с масштабностью мероприятий, а также с нарушением природного равновесия в биосфере.

Чтобы избежать серьезных нарушений в природе, важно комплексно решать проблемы мелиораций, увязывая в единой системе сооружения, несущие технологическую и природоохранную нагрузку.

При разработке и реализации проектов мелиоративных систем необходимо учитывать возможные влияния на окружающую среду и предусматривать мероприятия, базирующиеся на глубоких научных исследованиях. Проект мелиоративной системы должен быть синтезом трех взаимоувязанных частей: мелиоративно-хозяйственной, включающей вопросы конструктивных решений, строительства управления и эксплуатации; природоохранной, обосновывающей мероприятия по охране окружающей среды, а также связь технической и природной систем региона; экономической, освещающей вопросы эффективного использования мелиорированных территорий. Являясь комплексной моделью реальной системы, проект должен рассматривать ее работоспособность и оценивать все возможные последствия строительства как в настоящем, так и в будущем.

При разработке природоохранных мероприятий учитываются следующие объекты природы: земля (почва), недра, воды (поверхностные и подземные), леса и зеленые насаждения (флора), животный мир (фауна), воздушная среда, ландшафт, редкие и достопримечательные природные объекты и комплексы.

В целях исключения отрицательного воздействия орошаемых территорий на окружающую среду необходимо применять специальные мероприятия. При реализации проектов оросительных систем приходится выполнять большие объемы строительно-монтажных работ. Главными факторами, которые в процессе строительства могут повлиять на природоохранную надежность всей системы, являются качество изготовления материалов и изделий, а также строгое соблюдение технологии производства строительных и монтажных работ.

Главными условиями в достижении положительных результатов в охране окружающей среды при мелиоративном строительстве является высокое каче-

ство проектных и строительных работ, а также высокий уровень земледелия и эксплуатации оросительных систем.

Повышение природоохранной надежности оросительных систем обеспечивается за счет сохранения, в первую очередь, плодородного слоя почвы, рекультивации резервов, охраны источников орошения от загрязнения, рационального использования водных ресурсов, устройства лесозащитных полос. Необходимо строго придерживаться плавного водопользования, оперативно корректировать режим орошения сельскохозяйственных культур. На засоленных и солонцеватых почвах нельзя применять поливы дождеванием. Для понижения уровня грунтовых вод, приостановления процессов вторичного засоления и осолонцевания необходимо строительство и правильная эксплуатация дренажных систем. Для уменьшения потерь воды из каналов на фильтрацию и испарение необходим переход на закрытую оросительную сеть, что повысит и коэффициент земельного использования орошаемой территории.

Основной мерой по предохранению от загрязнения водных ресурсов и защите растительного и животного мира является, кроме очистки, правильное размещение аграрно-промышленных комплексов и населенных пунктов. Не следует проектировать их размещение по берегам рек, озер, водохранилищ и каналов, т.к. они являются основными загрязнителями вод и окружающей среды.

Для более рационального использования водных ресурсов необходимо повторно использовать дренажные воды для целей орошения. Рациональность этого приема следует определять в каждом конкретном случае.

В целях исключения отрицательных влияний осушительных мелиораций на окружающую среду необходимо применять комплекс мероприятий, которые можно подразделить на пять групп: почвозащитные, водозащитные, лесозащитные, противоэрозионные и сохранение фауны.

Почвозащитные мероприятия на торфяных почвах предусматривают сохранение органического вещества, что достигается правильным соотношением и чередованием культур в севооборотах. В полевых и кормовых севооборотах необходимо использовать многолетние травы, которыми должно быть занято не менее 50% площади. Осушаемые мелкозалежные торфяники мощностью

до 1 м и торфяно-болотные почвы целесообразно использовать для многоукосных трав. Песчаные рыхлые почвы должны использоваться по залесению. Торфоразработки и другие карьеры необходимо рекультивировать для дальнейшего использования в сельскохозяйственном производстве и рыборазведении.

Задача водозащитных мероприятий – защитить водные ресурсы от загрязнения и рационально их использовать. Вдоль водоприемников, магистральных и других крупных осушительных каналов предусматривается водоохранные лесополосы. Во всех проектах осушительных систем должен быть разработан прогноз изменения водного режима осушаемой и прилегающей к ней территории. Следует проектировать водооборот на осушительно-увлажнительных системах.

Лесозащитные мероприятия заключаются во всемерном сохранении лесной растительности. Сведение леса с мелиорируемой территории производится только по разрешению исполкомов Советов народных депутатов. Нельзя уничтожать отдельные деревья или группы их, имеющие историческую, художественную или эстетическую ценность.

К противоэрозионным мероприятиям относятся: создание полезащитных лесополос на осушаемых землях, по берегам рек, магистральных каналов и дамб обвалования; крепление откосов каналов; планировка осушаемых земель, прикатывание торфяников; двустороннее регулирование водного режима.

В целях сохранения фауны не следует уничтожать древесно-кустарниковую растительность химическим способом. Массивы с бобровыми поселениями, перенести которые невозможно, осушению не подлежат. На насосных станциях и сооружениях магистральных каналов следует устанавливать рыбозащитные сооружения. Все мелиоративные работы, проводимые на водоемах, следует согласовывать с органами рыбного хозяйства, а в местах обитания водоплавающих птиц, пушных зверей - с органами охотничьего хозяйства.

Список источников

1. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации (за ред. С.М. Гончарова, С.М.Коробченко).: Навчальний посібник.- Львів: Вища школа., 1988.-389 с.

2. Сільськогосподарські меліорації (за ред. С.М. Гончарова, Г.С. Потоцького).: Підручник. -К.: Вища школа, 1991.-389 с.

3. Лазарчук М.О. Осушення земель.: Навчальний посібник.- К.: М.Н., 1997.-244 с.

4. Сельскохозяйственные мелиорации (под ред. С.М. Гончарова, С.М.Коробченко).: Навчальний посібник.-К.: Вища школа, 1985.-382 с.

5. Лазарчук М.О. Л17 Основи гідромеліорацій: Осушення земель. Навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2006.-301 с.

6. ДБН В. 2.4.-1-99 Меліоративні системи і споруди. К.: Держбуд України, 2000.- 176 с.

7. Константинов Ю.М. Гидравлика.- К.: Вища школа, 1981.- 360 с.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Введение……3

Раздел 1. ВИДЫ МЕЛИОРАЦИИ. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ГРУНТОВ. ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ГРУНТОВ…..4
1.1. Виды мелиорации……..4
1.2. Развитие и эффективность гидромелиораций…..……..……..5
1.3. Природно-климатические условия и необходимость гидромелиораций.....7
1.4. Водный режим грунтов мелиорируемых территорий. Причины неудовлетворительного водного режима грунтов……8
1.5. Нормы осушения сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов и промышленных предприятий. Критическая глубина залегания уровня грунтовых вод……15
1.6. Водно-балансовые расчеты. Методы регулирования водного режима грунтов……18
1.7. Технология регулирования водного режима грунтов. Способы осушения и орошения сельскохозяйственных земель……26
1.8. Режим орошения сельскохозяйственных культур..……...28
1.9. Типы гидромелиоративных систем в зависимости от природно-агромелиоративных условий……...39
1.10. Этапы создания водохозяйственно-мелиоративних объектов: проектирование; строительство; эксплуатация…….42

РАЗДЕЛ 2. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ…….....50

2.1. Типы гидромелиоративных систем гумидной зоны. Элементы осушительных систем……...50
2.2. Проектирование в плане составных элементов осушительных систем……53
2.3. Регулирующая осушительная сеть. Строительство и параметры закрытого дренажа и открытых каналов. Расчет элементов регулирующей осушительной сети…….55
2.4. Проводящая и оградительная осушительные сети. Расходы воды в каналах и размеры каналов……74
2.5. Конструкции осушительных систем..……82
2.6. Сооружения на осушительных системах……89
2.7. Увлажнение осушаемых земель……93
2.8. Особенности проведения осушительно-увлажняющих мероприятий в условиях слабопроницаемых грунтов…….....104
2.9. Управление водным режимом при помощи осушительных и осушительно-увлажнительных систем……107
2.10. Типы и элементы оросительных систем. Способы и техника полива…..112

2.11. Проектирование в плане оросительной сети при разных способах орошения……..132
2.12. Расходы воды в оросительной сети. Конструкции оросительных систем. Размеры закрытых трубопроводов и каналов……..143
2.13. Источники орошения……..…...155
2.14. Сооружения на оросительных системах…….....164
2.15. Оросительные системы в условиях засоленных земель……172
2.16. Оросительные системы в условиях орошения сточными водами…….190
2.17. Рисовые оросительные системы…..…….200
2.18. Управление водным режимом с помощью оросительных систем……205

РАЗДЕЛ 3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ МЕЛИОРАЦИЙ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯХ…….208

3.1. Регулирование уровня грунтовых вод в условиях населенных пунктов и промышленных предприятий.....……...208
3.2. Подтопление земель…….……214
3.3. Способы и сооружения для защиты территорий от поверхностного затопления и подтопления……...……...216
3.4. Реконструкция гидромелиоративных систем. Основные задачи и необходимые мероприятия……..……...228
3.5. Эрозия грунтов. Способы борьбы с эрозией……..……230
3.6. Природоохранные мероприятия в зонах осушительных и оросительных мелиораций.....……..……240

Список источников……...244

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

НІКУЛІН СЕРГІЙ ЮХИМОВИЧ,
БЛАГОДАРНА ГАЛИНА ІВАНІВНА

Конспект лекцій

«ОСНОВИ ГІДРОМЕЛІОРАЦІЇ»

(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму підготовки
6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»
(Рос. мовою)

Редактор: *З. І. Зайцева*
Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2010, поз. 57 Л

Підп. до друку 25.11.2010 Формат 60x84 1/16

Друк на різографі Ум. друк. арк. 10,3

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції,12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksme.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001