ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОУ ВПО БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ**

Утверждено научно-методическим
советом БГИТА
протокол №2 от 25.02.2010 г.

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**для студентов вузов, обучающихся по направлению 560700
«Природообустройство»**

Брянск 2010

УДК 631.6
ББК 40.6
Е-30

Мелиорация земель: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 560700 «Природообустройство» / Брян. гос. инженер.-технол. акад.; Сост. С.В.Егорова. – Брянск, 2010. – 169 с.: ил. – 44.

В учебном пособии изложен материал по различным видам сельскохозяйственных мелиораций, приведены конструкции осушительных и оросительных систем.

Предназначены для студентов 5 курса и дипломников, обучающихся по направлению подготовки 560700 «Природообустройство» (специальность 280402 «Природоохранное обустройство территорий»).

Рецензент: Шошин В.И. – кандидат с.-х. наук, доцент, профессор кафедры «Лесоводства, лесных культур и почвоведения» Брянской государственной инженерно-технологической академии

Рекомендовано редакционно-издательской и методической комиссиями инженерно-экологического факультета БГИТА
Протокол №5 от 15 февраля 2010 г.

© Егорова С.В., 2010
© Брянская государственная инженерно-технологическая академия, 2010

Содержание

Введение…….....6

1 Характеристика сельскохозяйственных земель страны……8

1.1 Качественное состояние земельного фонда……..8
1.2 Характеристика природных зон России……..11
1.3 Состояние сельскохозяйственных земель Брянской области……...13

2 Осушительные мелиорации……...14

2.1Причины переувлажнения земель. Виды земель, требующих осушения……..14
2.2 Типы и подтипы водного питания……...16
2.3 Мелиоративный режим. Требования к показателям мелиоративного режима……20
2.4 Методы и способы осушения земель…….....24
2.5 Осушительная система и ее элементы. Схемы осушения…….....25
2.6 Регулирующая сеть осушительной системы……..29
2.6.1 Виды регулирующей сети……...29
2.6.2 Открытая регулирующая сеть…….30
2.6.3 Закрытая регулирующая сеть…….....33
2.6.3.1 Виды закрытой регулирующей сети и условия ее применения……..33
2.6.3.2 Виды труб для строительства закрытых дрен и собирателей. Защита закрытой регулирующей сети от заиления……...35
2.6.3.3 Основные параметры закрытой регулирующей сети……...37
2.7 Проводящая и ограждающая сети осушительной системы…….42
2.7.1 Назначение, виды и режим работы проводящей сети…….42
2.7.2 Расположение проводящей и оградительной сети на плане и в вертикальной плоскости…….44
2.7.3 Гидрологический расчет осушительной сети……...49
2.7.4 Гидравлический расчет проводящей и оградительной сети…52
2.8 Водоприемники осушительных систем……..55
2.9 Мелиорация пойм и затопляемых низменностей……...58
2.9.1 Задачи и методы мелиорации пойм……58
2.9.2 Польдерные системы осушения……..60
2.9.3 Береговой дренаж и прогнозирование подъема грунтовых вод при подтоплении низинных территорий……..63
2.10 Осушительно-увлажнительные системы……..64
2.10.1 Методы и способы увлажнения осушаемых земель……...64
2.10.2 Режим подпочвенного увлажнения осушаемых земель…....65

2.10.3 Техника увлажнения осушаемых земель……67
2.10.4 Определение параметров осушительно-увлажнительной системы……70
2.10.5 Вертикальный дренаж……71
2.11 Особенности строительства осушительных и осушительно-увлажнительных систем ……72
2.11.1 Строительство открытой осушительной сети……72
2.11.2 Строительство закрытой осушительной и осушительно-увлажнительной сети……74
2.12 Сооружения и дороги на осушительных и осушительно-увлажнительных системах……75
2.12.1 Сооружения на открытой сети……76
2.12.2 Сооружения на закрытой сети……77
2.12.3 Дороги на осушаемых землях……79
2.13 Подготовка осушаемых земель к сельскохозяйственному использованию……80
2.13.1 Культуртехнические мероприятия……80
2.13.2 Производство культуртехнических работ……82
2.13.3 Окультуривание осушаемых земель……86

3 Оросительные мелиорации……89

3.1 Виды оросительных мелиораций. Понятие об оросительной системе……89
3.2 Режим орошения сельскохозяйственных культур……91
3.2.1 Понятие о режиме орошения……91
3.2.2 Водопотребление сельскохозяйственных культур……92
3.2.3 Оросительная норма……94
3.2.4 Поливные нормы и сроки поливов……95
3.2.5 График гидромодуля……96
3.3 Классификация способов орошения и поливной техники……98
3.3.1 Поверхностный (самотечный) способ полива……100
3.3.2 Способ полива дождеванием……103
3.3.2.1 Характеристика и условия применения……103
3.3.2.2 Дождевальные насадки и аппараты……104
3.3.2.3 Дождевальные установки, машины и агрегаты……105
3.3.2.4 Обоснование выбора дождевальной техники……111
3.3.2.5 Расчеты полива дождеванием……113
3.3.3 Импульсное и мелкодисперсное дождевание……115
3.3.4 Внутрипочвенное орошение (ВПО)……116
3.3.5 Капельный способ полива……118
3.4 Оросительная сеть……119
3.4.1 Назначение оросительной сети и требования к ней. Организация орошаемой территории…… 119
3.4.2 Открытая оросительная сеть……120

3.4.3 Трубчатая и комбинированная оросительная сеть……...123
3.5 Конструкции элементов оросительной сети……125
3.5.1 Каналы в земляном русле……...125
3.5.2 Каналы в облицовке и с экранами……127
3.5.3 Трубчатая сеть……130
3.6 Расчеты элементов оросительной сети……133
3.6.1 Определение расходов нетто оросительной сети……133
3.6.2 Определение расходов брутто оросительной сети……...135
3.7 Гидравлические расчеты элементов оросительной сети……137
3.8 Водосборно-сбросная сеть, дороги и лесополосы на оросительных системах……139
3.9 Источники воды для орошения……..142
3.9.1 Характеристика и оценка водоисточников……...142
3.9.2 Орошение из рек……..144
3.9.3 Орошение подземными водами……145
3.9.4 Орошение водами местного стока……....146
3.9.5 Лиманное орошение……148
3.9.6 Орошение сточными водами……..149
3.10 Борьба с засолением орошаемых земель……150
3.10.1 Засоленные земли и причины засоления……150
3.10.2 Меры борьбы с засолением земель……..152
3.11 Гидротехнические сооружения, средства контроля и управления на оросительных системах……...157

4 Природоохранные мероприятия ……163

Список использованных источников…..…….....167

Введение

Мелиорация (улучшение) земель является важной составляющей природообустройства. Мелиорация – это коренное изменение компонентов природы, осуществляемое для повышения потребительской стоимости (полезности) земель. В отличие от временных мероприятий по улучшению земель (расчистка поверхности, вспашка, удобрения и т.п.) мелиорация приводит к фундаментальному длительному изменению природных условий или компонентов природы, сохраняющемуся десятки и сотни лет.

По своему назначению выделяют: земли сельскохозяйственного назначения, или сельскохозяйственные; лесного фонда; водного фонда; населенных пунктов; промышленности, транспорта, связи; оздоровительного, рекреационного, историко-культурного, научного назначения; обороны; государственного запаса.

Исходя из этого, различают: мелиорацию сельскохозяйственных земель, мелиорацию лесного, водного фондов, населенных пунктов и т.д. В сельском хозяйстве насчитывается около 40 видов мелиорации, в лесном – около 15 [19].

Классификация мелиораций определяется тем, какой из природных процессов или какую составляющую функционирования геосистемы нужно модифицировать исходя из использования земель. Современные мелиорации являются комплексными, т.е. зачастую необходимо проводить одновременно водные, химические, тепловые и другие мелиорации, которые в сумме дают больший эффект, чем раздельное их применение.

Мелиоративные технологии – это сложные дорогостоящие ресурсоемкие энергоемкие мероприятия, которые проводятся в течение длительного времени. Для их осуществления необходимо создание комплекса сложных инженерных сооружений и устройств, надежно функционирующих в разнообразных природных условиях. Эти природные условия чрезвычайно изменчивы и часто даже экстремальны.

Мелиоративная система, т.е. комплекс сооружений, устройств, машин и оборудования, является сложной инженерной системой и рассматривается как природно-техногенный комплекс [3].

В учебном пособии в основном рассматриваются мелиоративные мероприятия на землях сельскохозяйственного назначения. Целью мелиорации сельскохозяйственных земель является расширенное воспроизводство плодородия почвы для получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур при экономном расходовании природных ресурсов, с недопущением или компенсацией ущерба окружающей среде.

Сущность мелиорации сельскохозяйственных земель заключается в целенаправленном качественном изменении состава и свойств почв и управлении почвенными процессами.

Учебное пособие посвящено разделу дисциплины «Мелиорация и рекультивация земель» – мелиорация земель и предназначено для подготовки к зачету по курсу и междисциплинарному экзамену по специальности, а также для использования в дипломном проектировании.

При подготовке материала для учебного пособия использованы учебно-методические материалы известных специалистов в области природообустройства и мелиорации земель А.Н. Костякова, Е.С. Маркова, С.Ф. Аверьянова, А.И Голованова, Т.И. Суриковой, М.Г. Голченко, Б.С. Маслова, Е.Д. Сабо, Б.Б. Шумакова и др.

1 Характеристика сельскохозяйственных земель страны

1.1 Качественное состояние земельного фонда

Земельные ресурсы РФ для сельского хозяйства и в первую очередь для земледелия ограничены неблагоприятными климатическими условиями: территория вечной мерзлоты составляет 1100 млн. га, или 60% общей площади земель России. В сельскохозяйственное использование может быть вовлечено только 190,6 млн. га. Общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет 455 млн. га или 26,6% общих земельных ресурсов страны, в том числе пашни 128,9 млн. га (7,5% земельных ресурсов).

Большая часть сельскохозяйственных площадей находится в степной, лесостепной и полупустынной зонах. Здесь сосредоточено около 60% пашни и свыше 70% всех сельскохозяйственных угодий. Климат основных сельскохозяйственных районов отличается засушливостью.

Культуртехническая неустроенность является характерной чертой сельскохозяйственных угодий РФ, особенно это касается Нечерноземной зоны. Около одной трети сельскохозяйственных угодий нуждается в проведении культуртехнических работ, из них значительная часть переувлажнена. Основные причины сложившейся неустроенности земельных угодий связаны с недостаточным финансированием работ, недоброкачественным выполнением мелиоративных мероприятий и нерациональным использованием сельскохозяйственных угодий.

В настоящее время в РФ насчитывается около 10 млн. га природных кормовых угодий заросших кустарником и мелколесьем и 2,2 млн. га закочкаренных сенокосов и пастбищ. Такие процессы оказывают двоякое влияние на состояние почв. С одной стороны, снижается качество сенокосов и пастбищ, взамен злаковых и бобовых там вырастает лесное разнотравье, малоценное в кормовом отношении, появляются грубостебельные сорные и ядовитые растения. Усиливаются процессы увлажнения и подкисления почв. С другой стороны, в ряде случаев деградации не происходит, однако, угодья становятся непригодными для сельскохозяйственного использования. Корни древесно-кустарниковой растительности разрыхляют почву, что улучшает поступление воздуха, уменьшает плотность почвы, создает условия для накопление гумуса. Зарастание природных кормовых угодий кустарником и мелколесьем присуще всем регионам РФ.

Закочкаренность сенокосов и пастбищ имеет две основные причины: естественное и антропогенное переувлажнение земель и интенсивное использование кормовых угодий под выпас скота (кочки животного происхождения). Наибольшие площади таких угодий расположены в Центральном районе, Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Сбитость кормовых угодий связана с крайне нерациональным использованием пастбищ, бессистемным выпасом скота, перегрузкой скотом, несоблюдением мер ухода за кормовыми угодьями. Для сенокосов такими причинами являются несоблюдение сенокосооборотов, увеличение часто-

ты скашивания, выпас скота на сенокосах. Общая площадь сбитых кормовых угодий в России составляет почти 14 млн. га, в том числе 12 млн. га пастбищ и свыше 2 млн. га сенокосов. В районах Поволжья, Северного Кавказа и некоторых других площадь деградированных пастбищ составляет более половины общей площади этих угодий.

На землях сельскохозяйственного назначения отмечается и *переуплотнение почв*. Помимо естественного увеличения плотности почвы уплотнение происходит вследствие антропогенного воздействия, особенно сельскохозяйственной техникой. Оптимальная плотность пахотного горизонта для культур сплошного сева в среднем составляет 1,0-1,3 г/см^3, а для пропашных 1,0-1,2 г/см^3, тогда как из-за увеличения давления тяжелыми тракторами плотность почвы возрастает до 1,5-1,8 г/см^3.

При переуплотнении ухудшаются физические свойства почвы, особенно в корнеобитаемом слое, что ведет к снижению урожайности в среднем на 25-50% и выше, уменьшению эффективности удобрений более чем на 40%, повышению расхода горючего на 15% и более.

Все почвы подвержены переуплотнению, но особенно дерново-подзолистые и серые лесные почвы. Более устойчивы каштановые и черноземы с высоким содержанием органических веществ и нейтральной или слабощелочной реакцией.

При увеличении плотности дерново-подзолистых почв выше 1,5-1,6, а черноземов – выше 1,3-1,4 г/см^3 в почве происходят необратимые изменения: она теряет способность к саморазуплотнению. Переуплотненность почв охватывает все регионы РФ, особенно велика доля таких почв в районах с развитым сельским хозяйством.

Переувлажнение почв (естественное и антропогенное) наступает при влажности выше предельной полевой влагоемкости, когда почва переходит в пластичное или текучее состояние. Антропогенное переувлажнение бывает следствием нарушения технологии агротехнических мероприятий (зяблевая вспашка в условиях тяжелых глинистых почв в гумидной зоне). Особо негативную роль в переувлажнении орошаемых земель играют завышенные поливные нормы. Всего в РФ около 0,5 млн. га орошаемых и осушенных земель подвергнуты вторичному переувлажнению. В целом по РФ переувлажненные и заболоченные сельскохозяйственные угодья составляют 16,1 млн. га (или 7,8% их общей площади).

Засоренность камнями сельскохозяйственных угодий в РФ весьма велика и имеет место на площади 12,2 млн. га, что составляет 5,5%. Подъем на поверхность почв и в пахотный горизонт подстилающих моренных отложений и обломков коренных пород является естественным процессом, но он может усиливаться и по вине человека: при многолетней глубокой вспашке склоновых земель с неглубоким залеганием моренных отложений, вовлечении в сельскохозяйственный оборот вновь освоенных площадей после мелиоративных работ. Наибольшие площади каменистых угодий находятся в Восточной Сибири, Северокавказском и Центральном регионах.

По агрохимическим показателям пахотные земли России в среднем низкопродуктивные, особенно в Нечерноземье. Кислые почвы составляют свыше трети пашни, а с низким содержанием подвижного фосфора и калия - 30% и 10%, соответственно.

Свыше 43% пашни характеризуется низким содержанием гумуса, в том числе критическим – 15%. На протяжении многих лет земельные ресурсы России эксплуатировались экстенсивным способом, при этом вынос питательных элементов с урожаем превышает их поступление в почву.

Таким образом, можно говорить о прогрессирующей деградации плодородия почвенного покрова России. За последние 50 лет в основных земледельческих районах России черноземы потеряли треть запасов гумуса.

Около 7% сельскохозяйственных угодий РФ (16,3 млн. га) *засолены*.

В России на больших площадях происходит разрушение почвенного слоя. В составе сельскохозяйственных угодий России *подверженные эрозии и эрозионноопасные территории* составляют 117 млн. га (63%), в том числе эродированные - 51 млн. га (28%). Каждый гектар пашни и пастбищ является эродированным и нуждается в осуществлении комплекса мероприятий, предупреждающих деграционные процессы. Урожайность на смытых почвах снижается на 30-60% и более.

За последние 50 лет скорость эрозионных процессов возросла в 30 раз. По оценкам экспертов ФАО (ООН) страна находится в десятке мировых лидеров по темпам распространения эрозии (эрозией охвачено до 75% сельскохозяйственных угодий). Из-за эрозии (водной и ветровой) за последнее десятилетие выбыло из сельскохозяйственного использования более 15% сельскохозяйственных угодий.

Развитие эрозионных процессов и их негативные последствия в значительной степени зависят от хозяйственного освоения и использования земель. Наибольший ущерб наносит распашка с нарушением агротехнических мероприятий, особенно на склонах, а также перевыпас скота, уничтожение растительного покрова.

Опустынивание земель вызывается нерациональным сельскохозяйственным использованием земельных ресурсов. Чрезмерная антропогенная нагрузка приводит к тому, что почвы засоляются, пески оголяются и приходят в движение, пастбища теряют биологическую продуктивность.

К антропогенным факторам относятся: уничтожение растительного покрова, в связи с промышленным, гражданским и ирригационным строительством, чрезмерный выпас скота, нерациональное земледелие, горные разработки, сброс сточных и дренажных вод. К числу территорий, затронутых в разной степени процессами опустынивания, относятся 17 субъектов РФ, особенно интенсивное опустынивание идет на территории Калмыкии, Дагестана, Астраханской, Волгоградской, Ростовской областей, где им охвачено более половины территории. Площадь пустынь ежегодно возрастает на 50 тыс. га. Наиболее сильно эти процессы наблюдаются на территории Черных земель в Калмыкии, где процессом опустынивания охва-

чено 83% площади, и за последние 20 лет 18% территории превратились в пустыни.

Общая площадь земель в России, подверженных опустыниванию или потенциально опасных в этом отношении, достигает 50 млн. га.

Подтопление земель в ряде регионов РФ принимает опасный характер. Сейчас в России подтапливается около 9 млн. га земель различного сельскохозяйственного назначения, в том числе 5 млн. га сельскохозяйственных земель. Наибольшее их количество сосредоточено в районах развитого земледелия. Причины две: деятельность человека (техногенное подтопление) и природные процессы.

Техногенное подтопление может быть связано с жилищно-гражданским и промышленным строительством, ухудшением гидрологической обстановки. Во многих городах нет службы эксплуатации систем защиты от подтопления или вовсе нет такой защиты.

Одной из причин подтопления может быть строительство гидротехнических сооружений, с подпором грунтовых вод водохранилищами. На территории России площадь подтопленных земель составляет в среднем 10-15% от площади, затопленной водохранилищами. Общая площадь земель различного назначения, подтопленная водохранилищами, составляет около 900 тыс. га, в том числе более 500 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Под влиянием подтопления пахотные земли трансформируются в малоурожайные сенокосы, которые вскоре зарастают кустарником, тростником и сорняками.

Другая причина связана с ирригацией земель, что обусловлено фильтрационными потерями из ирригационных сетей, плохим состоянием или отсутствием дренажа и водоотводных коллекторов. Это приводит к заболачиванию и засолению орошаемых земель и выбытию их из севооборота. Такие негативные явления наблюдаются в Астраханской, Волгоградской, Ростовской областях, Ставропольском и Краснодарском краях, Калмыкии и Дагестане.

Следующая группа причин связана с природными процессами. Существует зональность факторов переувлажнения, на тяжелых почвообразующих породах это - поверхностные воды, а в низменных равнинах доминирует заболачивание грунтовыми водами.

Общая площадь болот в РФ составляет более 109 млн. га, или 6,4% всей территории. Наиболее заболочены тундра и таежная зона.

Приведенные характеристики земель различных природно-климатических зон страны показывают, что почти все сельскохозяйственные угодья требуют мелиоративного улучшения для повышения эффективности их использования [25].

1.2 Характеристика природных зон России

Для количественной оценки естественного увлажнения (которое носит ярко выраженный зональный характер) А.Н.Костяков предложил ис-

пользовать коэффициент естественного увлажнения, который можно определить по формуле

$$К_{увл} = О_с / Е_о \quad (1.1)$$

где $К_{увл}$ - коэффициент естественного увлажнения;

$О_с$ - атмосферные осадки, мм/год;

$Е_о$ - испаряемость, мм/год.

По степени увлажнения территория страны разделяется на следующие зоны:

засушливая ($К_{увл}$<0,33);

недостаточного и неустойчивого увлажнения ($К_{увл}$=0,33-1);

избыточного увлажнения ($К_{увл}$>1).

К засушливой зоне относятся пустыни и полупустыни, где годовое количество осадков не превышает 400 мм, а испаряемость составляет более 1000 мм в год, почвы серо-бурые, бурые и светлокаштановые. В эту зону входят: юг Астраханской области, отдельные районы Прикаспия. Здесь сумма среднесуточных температур воздуха за вегетационный период высокая, температурный режим благоприятен для выращивания ценных теплолюбивых культур: хлопчатника, риса, винограда, бахчевых, фруктов, овощей. Без орошения получить урожай невозможно.

Традиционным является поверхностный способ полива. Современными дополнениями к этому способу являются импульсное и дисперсное дождевание для изменения микроклимата над полем. Для садов и виноградников в некоторых условиях внедряется капельное орошение.

К зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения относятся лесостепь и степь, годовое количество осадков 400-700 мм с неравномерным их распределением по годам и внутри года. Почвы черноземные и темно-каштановые. В эту зону входят: Центральная черноземная область, Северный Кавказ, Среднее и Нижнее Поволжье, районы Западной Сибири. Орошение необходимо в отдельные периоды года для получения устойчивых урожаев.

Основным способом полива является дождевание, для садов и виноградников внедряется капельное орошение.

К зоне избыточного увлажнения относится лесная зона, годовое количество осадков более 700 мм, почвы подзолистые и серые лесные. В эту зону входят Центр и Север Европейской части, Верхнее Поволжье, Сибирь, Дальний Восток. Основным мелиоративным мероприятием является осушение, но в отдельные годы и периоды необходимо орошение. Основной способ полива дождевание; в отдельных случаях увлажнение почвы производится путем "шлюзования" осушительной сети.

В засушливой и недостаточно увлажненной зонах расположено 60-65% пахотных земель страны, в избыточно увлажненной – 35-40% [6].

1.3 Состояние сельскохозяйственных земель Брянской области

Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения Брянской области по состоянию на 01.01.2009 года составляет 2330,1 тыс. га.

Из всех земель сельскохозяйственного назначения 183,7 тыс. га заболочены и 154,1 тыс. га переувлажнены, что составляет соответственно 10,6% и 8,8%. При этом из общей площади заболоченных земель 58,9 тыс. га или 32,1% составляет пашня, а из общей площади переувлажненных земель пашня составляет 61,7 тыс. га или 40,0%.

Площадь кормовых угодий, заросшая кустарником и мелколесьем, составляет 130,0 тыс. га или 25,8%, т.е. каждый четвертый гектар кормовых угодий в той или иной степени зарос древесно-кустарниковой растительностью. Относительный процент заросших кормовых угодий за 5 последних лет увеличился на 14%.

Зарастание кормовых угодий кустарником и мелколесьем ведет не только к уменьшению площадей продуктивных угодий, но и оказывает отрицательное влияние на качество травостоя. Область, в основном (кроме южных районов), расположена в южно-таежной лесной зоне, где леса и древесно-кустарниковая растительность занимают 37% территории, поэтому, процессы зарастания сельскохозяйственных угодий лесом, мелколесьем и кустарником происходят активно.

В целом по области, удельный вес заболачиваемых кормовых угодий, с 1995 года уменьшается за счет естественного выбытия из состава кормовых угодий и перевода в болота и древесно-кустарниковую растительность.

Мелиорированные земли занимают 151,4 тыс. га. Орошаемые земли составляют 4,8 тыс. га; осушаемые – 126,7 тыс. га. Из общей площади мелиорируемых земель сельскохозяйственные угодья занимают 112, тыс. га, в том числе 52,9 тыс. га пашни. Состояние орошаемых земель на 77, 1% неудовлетворительное, осушаемых – на 46,4%. Ремонт, чистка и уход за мелиорированными землями практически не ведется. На осушенных происходит заиление дрен, каналы зарастают кустарником. Для повышения качественного и технического состояния этих земель на 64% площадей орошаемых земель необходим капитальный ремонт, и на 41% осушаемых земель – реконструкция сети [5].

2 Осушительные мелиорации

Цель осушительных мелиораций – регулирование мелиоративного режима на землях, испытывающих постоянное или периодическое переувлажнение, препятствующее эффективному использованию земель.

Под осушением понимают отвод воды из расчетного слоя почвы и грунта, позволяющий регулировать водный и связанные с ним воздушный, тепловой, питательный и солевой режимы. Комплекс осушительных мелиораций включает также культуртехнические, агротехнические, организационные и природоохранные мероприятия.

Культуртехнические мероприятия заключаются в очистке земель от мелколесья, кустарника, пней, кочек, камней, погребенной древесины, разделке дернины, планировке поверхности, создании и улучшении почвенного слоя.

Агротехнические мероприятия включают научно обоснованные системы обработок почвы, севооборотов, удобрений.

Организационные мероприятия заключаются в создании участков удобной формы и размеров, размещении объектов, дорог, сооружений.

Природоохранные мероприятия проводят на мелиорируемой и окружающей территориях, они направлены на минимизацию возможного влияния мелиораций на все компоненты природной среды.

К осушительным мелиорациям на сельскохозяйственных землях предъявляют требования по поддержанию допустимого диапазона показателей мелиоративного режима со стороны сельскохозяйственных культур, почв, производства сельскохозяйственных работ.

2.1 Причины переувлажнения земель. Виды земель, требующих осушения

Причины переувлажнения земель подразделяются на зональные и местные. К зональным относятся причины, вытекающие из процессов образования почв. Вследствие этих процессов могут возникать болота и заболоченные почвы. Они формируются за счет переувлажнения суши, отмирания растительности и постепенного накопления ее остатков. Органическое вещество увеличивает влагоемкость, замедляет поверхностный сток, уменьшает водопроницаемость почв. Это приводит к застою воды, ухудшению аэрации. На таких почвах появляется специфическая влаголюбивая растительность.

Болотные и заболоченные почвы могут образоваться также вследствие зарастания водоемов. В водоемах с недостаточной проточностью твердые частицы, а также отмершая водная растительность оседают на дно. Поэтому водоемы мелеют. В них с прилегающих территорий поверхностная вода приносит растворенные вещества, которые являются источником питания растительности. По мере обмеления виды растительности сменяются и постепенно заполняют всю территорию водоемов.

Минеральные почвы могут переувлажняться за счет накопления влаги на плотном оглеенном слое, расположенном неглубоко от поверхности и возникшем в период почвообразования. К зональным причинам относится также превышение атмосферных осадков над испарением.

Из местных причин следует выделить близкое залегание водонепроницаемой толщи глинистых пород. Подъем грунтовых вод близко к поверхности создает неблагоприятные условия для развития растений и обработки почв. Избыточное увлажнение может возникнуть и в результате скопления поверхностных вод в понижениях рельефа, а также выклинивания грунтовых вод. Если почвы слабоводопроницаемы и имеют незначительный уклон, также создаются условия для избыточного увлажнения вследствие замедления стока воды или ее застоя.

Отличительным признаком земель, которые нуждаются в осушении, является их избыточное увлажнение, изменяющее характер почвообразовательного процесса. Вследствие переувлажнения сокращается поступление кислорода в почвенный профиль и микробиологические процессы протекают в условиях анаэробиза. Это в свою очередь приводит к угнетению или гибели растений.

По продолжительности выделяют земли постоянного, временного длительного и кратковременного переувлажнения. Постоянное переувлажнение почв может наблюдаться практически на протяжении всего вегетационного периода, а временное длительное – на большей его части. Земли с избытком воды в вегетационный период в течение времени, которое приводит к замедлению развития растений, вымочке их и снижению урожаев сельскохозяйственных культур, называются кратковременно избыточно переувлажненными.

Постоянному переувлажнению подвержены в основном торфяно-болотные (болота) и заболоченные (дерново-болотные), а периодическому – преимущественно минеральные, особенно тяжелые почвы.

Болотом называется территория с наличием торфа не менее 0,3 м в неосушенном состоянии и специфической влаголюбивой растительностью.

З*аболоченные земли* – это участки территории с наличием торфа менее 0,3 м в неосушенном состоянии или совсем без него, но имеющие признаки оторфования.

По степени разложения торфяно-болотные почвы могут быть слаборазложившиеся с содержанием органического вещества до 20%, среднеразложившиеся – 20-40% и сильноразложившиеся – более 40 %. Болота также подразделяются на маломощные со слоем торфа не более 1 м, среднемощные с мощностью торфа от 1 до 2 м и мощные, когда слой торфяной почвы превышает 2 м.

В зависимости от положения по отношению к рельефу местности различают болота низинного, верхового и переходного типов.

Низинные болота образуются в понижениях рельефа и поймах рек и питаются грунтовыми водами. Торф таких болот отличается высокой зольностью, средней или сильной степенью разложения и содержанием боль-

шого количества питательных веществ. На низинных болотах произрастают осоки, тростники, камыши и другие осоковые и влаголюбивые злаки. Низинные торфяники представляют большую ценность для сельского хозяйства. Они – первоочередные объекты мелиорации. Однако чтобы при их использовании снизить интенсивность минерализации и сработку от ветровой эрозии, на торфяных почвах мощностью до 1 м создают культурные сенокосы. Средние и мощные торфяники включают в систему севооборотов с наличием зерновых культур и многолетних трав. Травы образуют мощную дернину, вследствие чего верхний торфяной слой укрепляется, приостанавливают развитие ветровой эрозии и уменьшают разложение органического вещества. В результате долговечность торфяников возрастает.

Верховые болота формируются на повышенных элементах рельефа. Эти болота являются последней стадией болотообразования и формируются на низинных торфяниках, которые по мере нарастания толщи торфа постепенно теряют связь с грунтовыми водами и переходят на атмосферный тип водного питания. На верховых болотах произрастают сфагновые мхи, леса с низкой продуктивностью. Торфяники верхового типа бедны питательными веществами, под посевы растений применяются редко, торф используют в основном в топливной промышленности и на подстилку скоту.

Переходные болота по характеру водного питания и другим признакам имеют свойства, присущие как низинным, так и верховым торфяникам. Эти болота могут использоваться в сельском хозяйстве, но с большими затратами, связанными с внесением удобрений.

На *минеральных землях* переувлажнение наблюдается в весенний период, когда талая вода застаивается на поверхности почвы продолжительное время. Застой воды затрудняет своевременное проведение весенних полевых работ и посев сельскохозяйственных культур. Летом обильные дожди также могут вызвать временное переувлажнение земель, накапливаясь на их поверхности. Если летнее переувлажнение почвы превышает допустимые сроки, растения могут погибнуть. При осенних затяжных дождях вследствие переувлажнения земель возникают затруднения по уборке и вывозке урожая. Осеннее переувлажнение, кроме того, может привести к порче сельскохозяйственной продукции.

2.2 Типы и подтипы водного питания

Под типом водного питания понимается комплекс взаимосвязанных природных условий, которые определяют преобладающий вид воды, поступающей на рассматриваемый элемент рельефа и формирующий водный режим территории.

Основные типы водного питания выделены и охарактеризованы А.Д. Брудастовым: атмосферный, грунтовый, грунтово-напорный, намывной делювиальный, намывной аллювиальный и смешанный.

При *атмосферном* питании, как правило, переувлажняются минеральные земельные участки, имеющие микропонижения и расположенные

на плоских водоразделах. Это в основном тяжелые минеральные почвы, а также верховые болота (рисунок 2.1).

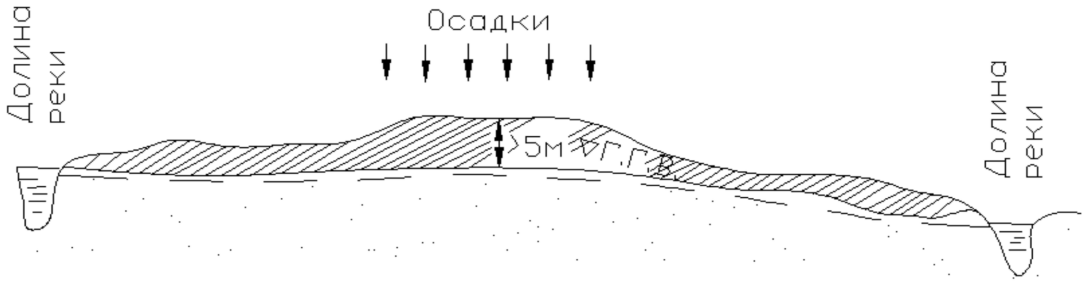


Рисунок 2.1 – Атмосферный тип водного питания

Грунтовыми водами питаются минеральные земли и торфяники, расположенные в низинах, понижениях, а также в поймах с хорошо водопроницаемыми почвами (рисунок 2.2).

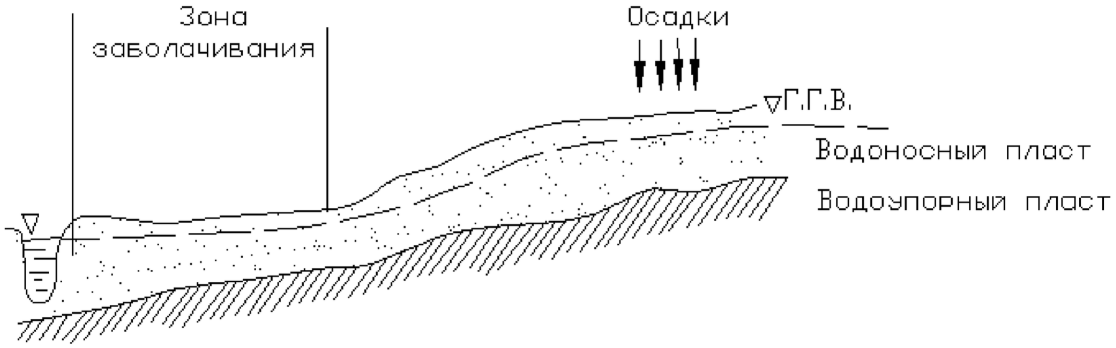


Рисунок 2.2 – Грунтовый вид водного питания;
подтип – приток с водосбора

Грунтовое водное питание формируется разными путями. В одних условиях грунтовые воды поступают на пониженные участки по водоносному слою с повышенных территорий, где образовался водный поток, в других – формируются внутри плоских участков, сложенных хорошо водопроницаемыми грунтами. В этом случае грунтовое питание образуется за счет атмосферных осадков, накапливающихся на водоупоре. Этот вид питания называется замкнутым бассейном (рисунок 2.3). В замкнутых бассейнах почвы малоплодородные, за исключением торфяно-болотных. Рельеф таких территорий плоский с наличием понижений.

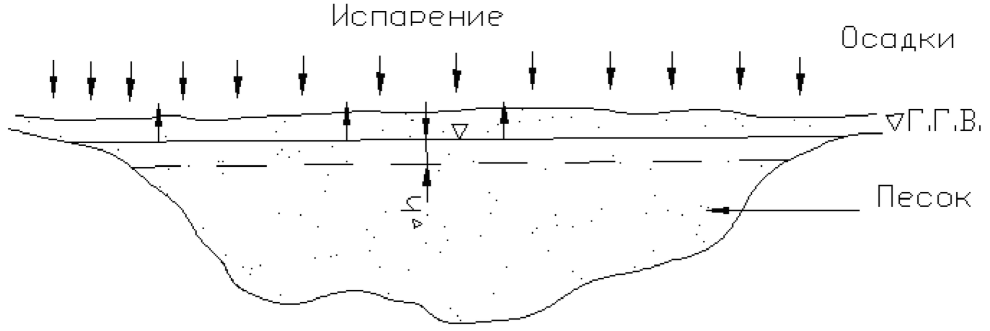


Рисунок 2.3 – грунтовый тип водного питания;
подтип – замкнутый бассейн

Грунтовыми водами питаются также земли, расположенные в поймах рек, около водоемов, за счет инфильтрации воды из них после строительства подпорных сооружений (рисунок 2.4).

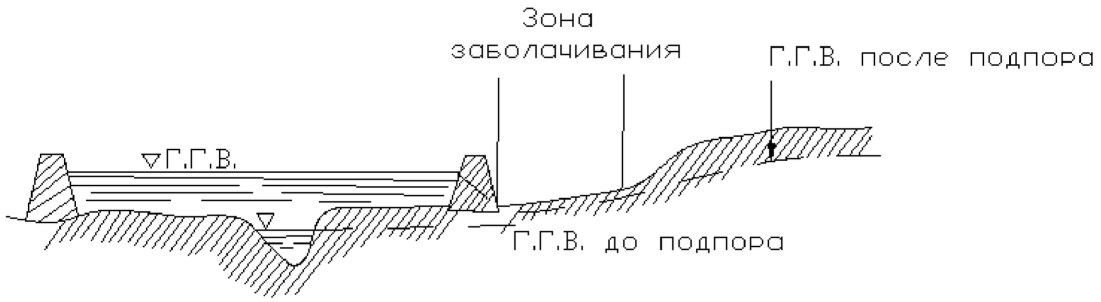


Рисунок 2.4 – Грунтовый тип водного питания;
подтип – приток фильтрационных вод из рек и водохранилищ

Грунтово-напорное водное питание формируется при движении грунтовых вод между двумя слабоводопроницаемыми слоями. В таких условиях грунтовые воды не имеют свободной поверхности. Под давлением они по капиллярам просачиваются через верхнюю толщу грунта и переувлажняют территорию. Давление воды возникает вследствие разности отметок участка, где образуется поток грунтовых вод, и нижерасположенных территорий (рисунок 2.5).

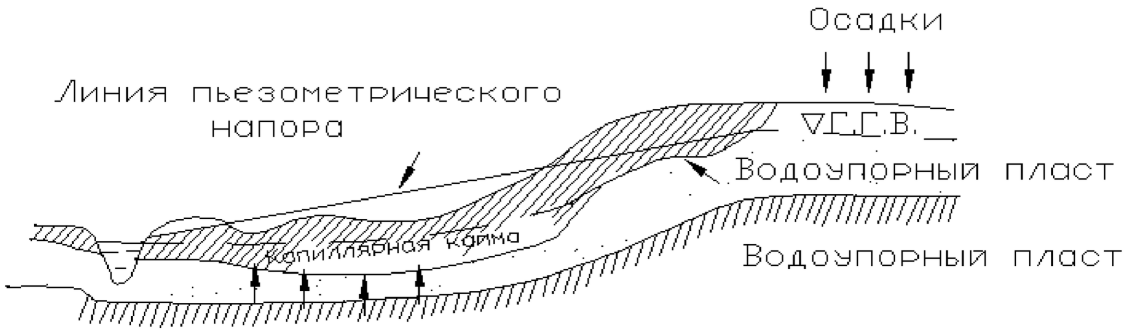


Рисунок 2.5 – Грунтово-напорный тип водного питания;
подтип – капиллярное заболачивание

К грунтово-напорному водному питанию относится также выклинивание грунтовой воды через отдельные линзы водоносных пластов, выходящих к поверхности земли (рисунок 2.6). Грунтово-напорными водами питаются земли, расположенные в понижениях: в поймах рек, долинах, у подошвы склонов.

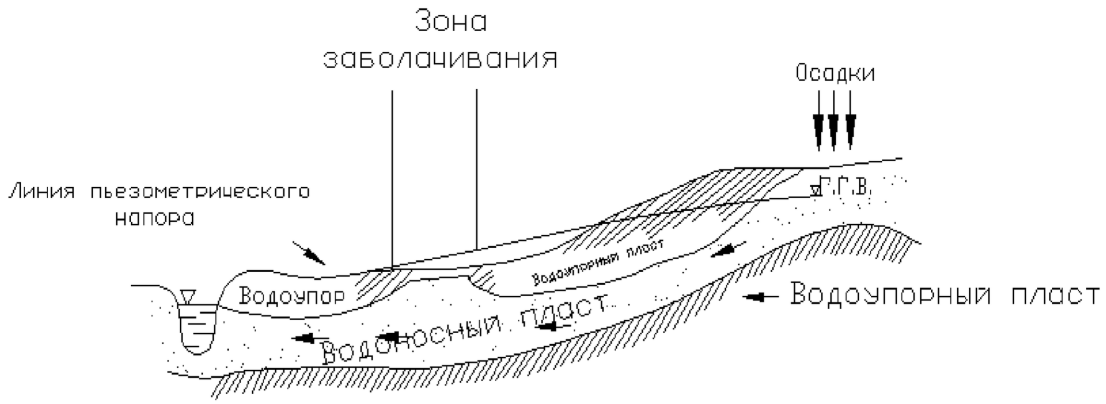


Рисунок 2.6 – Грунтово-напорный тип водного питания;
подтип – выклинивание напорных вод

Намывной тип водного питания подразделяется на делювиальный и аллювиальный. Делювиальный характерен для участков, на которые вода поступает со склонов, сложенных слабоводопроницаемыми грунтами. Выпавшие на склоны атмосферные осадки не просачиваются в почву, а, накапливаясь, перемещаются по склону, застаиваются в понижениях и переувлажняют их (рисунок 2.7).

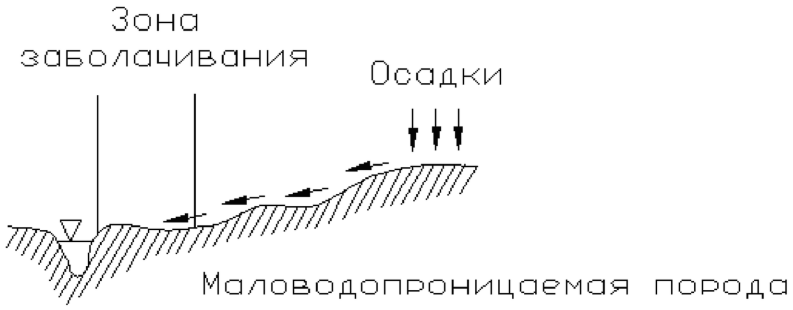


Рисунок 2.7 – Намывной тип водного питания; подтип - делювиальный

Аллювиальный тип водного питания имеют земли, находящиеся в поймах около рек и водоемов. В период снеготаяния или выпадения обильных атмосферных осадков уровень воды в водотоках поднимается выше берегов, вода выходит на прилегающие территории и застаивается длительное время (рисунок 2.8).

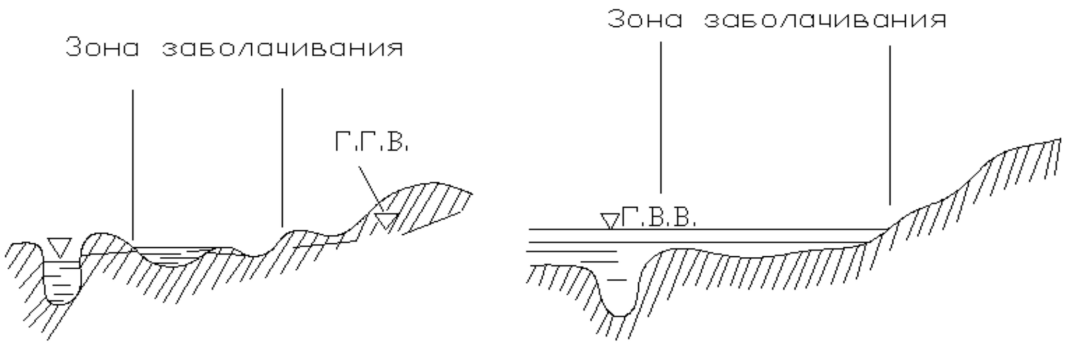


Рисунок 2.8 – Намывной тип водного питания; подтип – аллювиальный

Смешанный тип водного питания сочетает два и более типов. Например, переходные болота питаются грунтовыми водами и атмосферными осадками.

Тип водного питания существенно влияет на выбор метода, способа осушения и конструкции осушительной системы [17].

2.3 Мелиоративный режим. Требования к показателям мелиоративного режима

Цель мелиорации земель может быть достигнута только при выполнении определенного целостного набора требований к управляемым факторам почвообразования, роста и развития растений.

Набор таких требований предложено называть мелиоративным режимом [3]. При этом мелиоративный режим это не любое изменение какого-либо показателя, а научно обоснованные требования к нему в разные моменты времени или в конкретных случаях.

Мелиоративный режим это совокупность требований к управляемым факторам почвообразования, роста и развития растений и воздействия на окружающую среду, выполнение которых для достижения поставленной цели мелиорации сельскохозяйственных земель должна обеспечивать система мелиоративных мероприятий.

Мелиоративный режим характеризуется определенным набором показателей, которые изменяются в диапазонах, обусловленных конкретными природно-климатическими условиями. Показатели мелиоративного режима должны поддаваться регулированию доступными мелиоративными и агротехническими технологиями.

Для развития растений и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимы вода, воздух, питательные вещества, тепло и свет. При недостатке одного из этих компонентов растения развиваются плохо. В природных естественных условиях более всего поддается регулированию содержание воды в почве. В свою очередь изменение количества влаги в почве влечет за собой изменение содержания в ней воздуха и питательных веществ.

В переувлажненных почвах наблюдается недостаток воздуха. В таких условиях снижается жизнедеятельность аэробных микроорганизмов, которые способствуют разложению органических остатков и удобрений. Поэтому элементы питания растений находятся в малодоступной или недоступной форме. Ухудшаются и физические свойства почвы. На влажных почвах вести обработку земель сложнее, чем на нормально увлажненных, несущая способность их уменьшается, почва налипает на рабочие органы обрабатывающей техники, снижается производительность труда. Такие почвы медленнее оттаивают весной, на них осенью раньше, а летом чаще бывают заморозки, вследствие чего сокращается вегетационный период. Водопроницаемость почв (особенно глинистых) при переувлажнении уменьшается. Удаление избытка воды усиливает жизнедеятельность аэробных микроорганизмов и элементы питания становятся доступными для растений. Деятельность микроорганизмов усиливается за счет увеличения газообмена, т. е. связи газовой среды почв с атмосферой. Объем воздуха в корнеобитаемом слое почвы, по А. Н. Костякову [6], должен составлять не менее 15-20% объема пор при возделывании трав, 20-30% при возделывании зерновых и не менее 35-40% при возделывании корнеплодов. Такое содержание воздуха определяет максимальную влажность почвы: при выращивании трав она равна 70-85% пористости, зерновых 70-80%, корнеплодов 60-65%.

Под влиянием осушения почвы оструктуриваются, образуются трещины, а вследствие этого увеличиваются порозность и водопроницаемость почв. Такие почвы лучше поглощают атмосферные осадки. Благодаря этому осушение регулирует влажность во времени: в засушливые периоды осушаемые почвы влажнее старопахотных, а в дождевые – наоборот. Осушение земель повышает их температуру на 2-6°С, что весьма важно для сроков посева сельскохозяйственных культур.

Основная задача регулирования водного режима в зоне избыточного увлажнения – обеспечение на территории определенного режима осушения.

Под *режимом осушения* понимается поддерживаемый мелиоративными мероприятиями оптимальный водно-воздушный режим, который характеризуется такими показателями, как аэрация и влажность почвы, глубина залегания уровня грунтовых вод, продолжительность подтопления корневой системы растений и затопления поверхности почвы.

Основным показателем водного режима на легких минеральных почвах и торфяниках является глубина уровня грунтовых вод, или норма осушения.

Нормой осушения называется глубина стояния грунтовых вод, при которой в корнеобитаемом слое создаются необходимые условия для роста растений, обеспечиваются наивысшие урожаи сельскохозяйственных культур и оптимальные условия обработки почв. Норма осушения зависит от климатических показателей, характера использования мелиоративных земель, типа почв, фазы развития растений. Ориентировочные значения норм осушения для различных периодов приведены в таблице 2.1 [7].

Таблица 2.1 – Нормы осушения для различных периодов вегетации

Культуры	Нормы осушения, м		
	Предпосевной период	Первый месяц вегетации	Последующий период вегетации
Зерновые	0,5-0,6	0,7-0,8	0,8-0,9
Овощи, корнеплоды	0,5-0,6	0,8-0,9	0,9-1,0
Травы	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8

Примечания: 1. Меньшие значения соответствуют влаголюбивым культурам с мелкой корневой системой и легким почвам. 2. После выпадения осадков соответствующая норма осушения должна быть достигнута за 4-5 суток, иначе подтопление корневой системы растений приведет к экономически неоправданным потерям урожая.

На тяжелых почвах при глубоком положении грунтовых вод переувлажнение земель наблюдается вследствие накопления воды на поверхности почвы или в пахотном слое. В этом случае влагообмен с нижележащими слоями и грунтовыми водами незначительный. Запасы влаги в почве можно регулировать путем изменения обмена поверхностной воды. Недостаток влаги на тяжелых почвах в засушливые периоды можно восполнить только орошением. В отличие от легких почв режим осушения на тяжелых характеризуется оптимальной влажностью (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Оптимальная влажность почвы (А.И. Безменов, 1974), % от полной влагоемкости

Сельскохозяйственная культура	Оптимальная влажность почвы
Зерновые хлеба товарного значения, преимущественно яровые	40-50
Зерновые бобовые	50-60
Картофель, сахарная свекла, кукуруза на силос, корнеплоды и технические культуры	60-60
Овощные:	
томаты	50-60
редис	70-75
лук репчатый	70-75
огурцы	75-80
Полевые многолетние травы	70-80
Луговые травы	80-100

Превышение оптимального количества влаги отрицательно влияет на развитие сельскохозяйственных культур. Нарушение водного режима может произойти вследствие подтопления корнеобитаемого слоя почвы и затопления культур.

Под *подтоплением* понимается подъем уровня грунтовых вод, создающий неблагоприятные условия для развития корневой системы растений.

Увлажнение почвы до полной влагоемкости при повышении уровня грунтовых вод к поверхности снижает урожаи сельскохозяйственных

культур. Например, переувлажнение почвы в течение 3 суток приводит к уменьшению урожая ячменя на 10%, 5 суток – на 25%, 10 суток – до 40%. Переувлажнение почвы на протяжении 20-25 суток вызывает полную гибель урожая. Поэтому для сохранения жизнедеятельности растений уменьшение нормы осушения до 0,2 м допускается не более чем на 3-5 суток.

При регулировании водного режима осушительная система должна обеспечить сброс избыточной воды из корнеобитаемого слоя почвы и подпахотных слоев в сроки, не допускающие уменьшения урожаев сельскохозяйственных культур. В случае интенсивного водного питания эта система не должна допускать подъем уровней грунтовых вод на время, превышающее нормативное. Освобождение пахотного слоя почвы до 30 см от избыточной воды в вегетационный период для зерновых должно обеспечиваться за 1-2 суток, овощных культур – 1-1,5, многолетних трав – 2-3 суток. Из подпахотного слоя 30-80 см избыток воды в вегетационный период необходимо удалить в течение последующих 6-8 суток независимо от вида сельскохозяйственных культур.

Большое влияние на урожай сельскохозяйственных культур может оказывать *затопление* растений. Затопление водой поверхности почвы и растений на ней нарушает сообщение почвенного воздуха с атмосферным, газообмен и дыхание корневой системы сельскохозяйственных культур. При длительном затоплении корни начинают задыхаться от недостатка кислорода и избытка углекислоты, которая получается в процессе дыхания. Например, озимая рожь погибает при затоплении в течение 8-10 суток, пшеница – 7-8, ячмень – 5-6, овес –10 суток. Даже односуточное затопление полевых культур вызывает резкое снижение урожаев. Поэтому во избежание гибели или снижения урожаев затопление паводковыми весенними водами полей, занятых озимыми культурами, вообще недопустимо. В случае отсутствия озимых посевов поля могут затапливаться на протяжении 10-15 суток. Однако к началу сева растений эти поверхностные воды нужно удалить, а пахотный слой освободить от избытка влаги. Весеннее затопление многолетних трав в зависимости от их вида допустимо в течение 5-25 суток.

В вегетационный период затопление зерновых культур дождевыми водами допускается в течение 0,2-0,5 суток, овощных 0,2-0,25, пастбищ 0,75-0,8, сенокосов 1-1,5 суток [7].

Кроме того, на мелиорируемых землях должны быть созданы условия для обработки земель и растений в вегетационный период, посева сельскохозяйственных культур весной и вывоза урожая осенью. В целях повышения коэффициента земельного использования мелиоративные системы необходимо строить так, чтобы они занимали как можно меньшую площадь сельскохозяйственных угодий. Осушительная система должна быть экономичной, долговечной, удобной в эксплуатации и применении механизации и автоматизации процессов регулирования водно-воздушного режима.

2.4 Методы и способы осушения земель

Под *методом осушения* понимается направленность гидротехнических, агротехнических и других мероприятий, предназначенных для ликвидации избыточного увлажнения почв. На выбор метода осушения влияют типы водного питания, причины переувлажнения земель, характер их использования, а также другие физико-географические условия зоны, в которой проводится мелиорация.

Различают следующие основные методы осушения.

1. Ускорение или регулирование стока поверхностной воды. Применяется при осушении тяжелых почв, осушении естественных луговых угодий и пастбищ. В случае использования под пропашные культуры тяжелых почв просочившаяся с поверхности вода должна отводиться из пахотного слоя.

2. Понижение уровня грунтовых и грунтово-напорных вод. Применяется на почвах легкого механического состава и низинных торфяниках. Избыточная грунтовая вода удаляется через толщу подпахотного слоя.

3. Ограждение осушаемой территории от притока поверхностных или грунтовых вод. Метод предусматривается в случаях, когда на рассматриваемый участок поступают поверхностные и грунтовые воды с вышележащей водосборной площади. Такой метод проектируется при увеличении поступления воды на участок из водотоков во время весенних или летне-осенних паводков.

4. Комбинированный метод (сочетание нескольких методов осушения) в практике мелиоративного строительства применяется наиболее часто, так как участки могут иметь особенности и разнообразие по типу водного питания, причинам переувлажнения, характеру почв и растений.

Способом осушения называют конкретную систему гидро- и агротехнических мероприятий, направленную на реализацию методов осушения. Способ осушения назначают в соответствии с типом водного питания, выбранным методом, использованием земель и с учетом технических возможностей осуществления данного способа. При нескольких конкурирующих способах осушения проводят экономическое сопоставление их и выбирают наиболее эффективный вариант.

Основные методы и способы осушения земель приведены в таблице 2.3 [3].

Таблица 2.3 – Методы и способы осушения

Тип водного питания	Причины переувлажнения	Метод осушения	Способ осушения
Атмосферный	Отсутствие стока поверхностных и почвенных вод	Ускорение поверхностного и внутрипочвенного стоков	Открытые и закрытые собиратели, агромелиоративные мероприятия
Грунтовый: бассейн грунтовых вод	Высокий уровень грунтовых вод при отсутствии их оттока	Отвод грунтовых вод	Систематический дренаж

Тип водного питания	Причины переувлажнения	Метод осушения	Способ осушения
приток грунтовых вод с водосбора фильтрация из рек, водохранилищ		Перехват потока грунтовых вод с водосбора Перехват фильтрационных вод	Ограждающий головной дренаж, ловчие каналы Ограждающий береговой дренаж
Грунтово-напорный	Высокий уровень пьзометрического напора	Снижение напорного питания грунтовых вод	Вертикальный систематический или ограждающий лренаж
Намывной: делювиальный аллювиальный	Приток поверхностных вод с водосбора при плохом оттоке Затопление речными водами	Перехват поверхностного притока с водосбора Защита от затопления	Нагорные каналы Обваловывание территории

Для ускорения или регулирования стока поверхностных вод применяют способ устройства сети открытых каналов или закрытых собирателей. Необходимое понижение уровня грунтовых вод можно достичь системой закрытых или открытых дрен. Перехват вод, поступающих со смежных площадей, выполняют способом устройства оградительной сети (нагорных, ловчих каналов, береговых дрен), а для защиты территории от затопления применяют дамбы обвалования. Комбинированный способ выбирают тогда, когда предусматривается несколько методов осушения.

2.5 Осушительная система и ее элементы. Схемы осушения

Осушительная система представляет собой комплекс каналов, дрен, гидротехнических сооружений, позволяющих производить сброс избыточной поверхностной воды и воды из корнеобитаемого слоя почвы. Система, с помощью которой избыток воды с полей удаляется самотеком, называется *самотечной.* Если собранную избыточную воду удаляют с применением водоподъемных установок, система называется *системой с механическим водоподъемом.* На осушительной системе должны предусматриваться сооружения для аккумуляции влаги, чтобы в засушливое время можно было использовать ее для увлажнения почвы (рисунок 2.9).

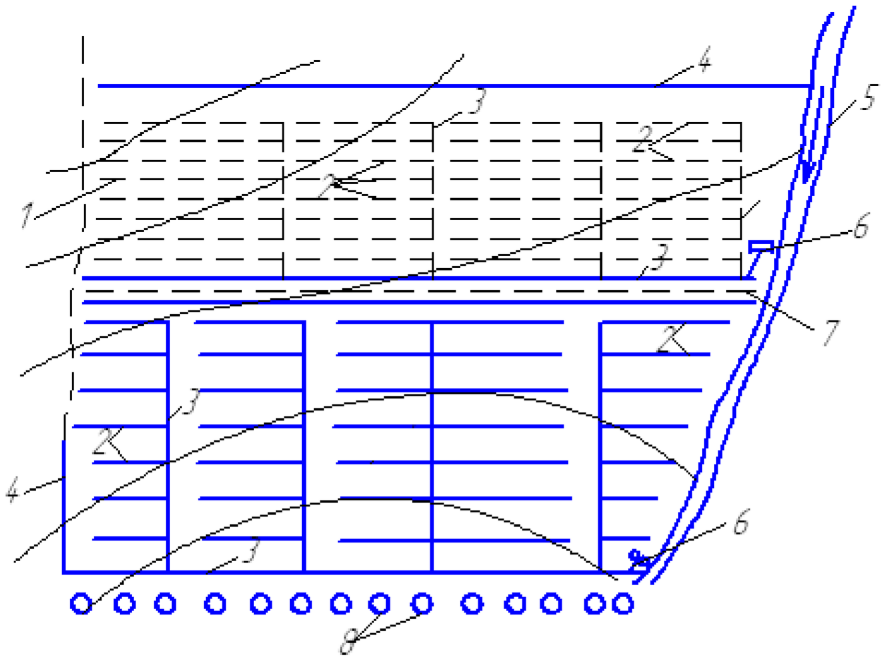


Рисунок 2.9 – Осушительная система и ее элементы
1 – осушаемая территория; 2 – регулирующая сеть; 3 – проводящая сеть;
4 – оградительная сеть; 5 – водоприемник; 6 - гидротехнические сооружения;
7 – дороги; 8 – полезащитные лесные полосы

Осушаемая территория предназначается для выращивания сельскохозяйственных культур или возведения различных зданий, сооружений и т.д. Регулирующая сеть требуется для сбора избыточной воды и поддержания необходимых влагозапасов в расчетном слое почвы. Из регулирующей сети вода поступает в проводящую, по которой далее транспортируется в более крупную гидрографическую сеть. Оградительная сеть служит для защиты осушаемых территорий от притока поверхностных и грунтовых вод. Вся избыточная вода с осушаемых земель собирается в водоприемник. Он является одним из самых крупных элементов осушительной системы. Гидротехнические сооружения устраивают для управления водным режимом осушаемых объектов и обеспечения надежности системы. По дорогам на участки доставляют семена, горючесмазочные материалы, вывозят выращенную сельскохозяйственную продукцию. Дороги служат также для подвоза строительных материалов к сооружениям, которые необходимо ремонтировать. Цель полезащитных лесных полос – снизить влияние воды и ветра на эрозию почв, особенно торфяно-болотных.

В определенных гидрогеологических условиях на осушительной системе могут устраиваться и другие сооружения комплексного назначения. В первую очередь это строительство прудов. Они нужны для культурно-бытовых целей, разведения рыбы, орошения земель и т. д.

Взаимное расположение элементов осушительной системы на плане и в вертикальной плоскости называется *схемой осушения.* Схема осушения зависит от многих факторов. Некоторыми определяющими ее служат тип

водного питания, причины переувлажнения земель, характер их сельскохозяйственного использования и др.

При *атмосферном водном питании* необходимо ускорить сток поверхностной воды с мелиорируемых полей. Регулирующую сеть можно устраивать в виде открытых каналов, которые располагают по полям равномерно или выборочно. Для защиты от поверхностной воды, поступающей со стороны вдоль границ участка, надо предусмотреть оградительную сеть. Из отдельных понижений воду можно удалять водоотводными бороздами, сообщающимися с каналами открытой сети.

Вместо открытых каналов можно применить систему закрытых собирателей, для усиления осушительного эффекта перпендикулярно к ним устраивают кротовые дрены или проводят кротование. При такой схеме на участке немного каналов, что повышает коэффициент земельного использования.

Некоторую особенность при мелиорации имеют тяжелые почвы с западинным рельефом. На них возвышения чередуются с понижениями, причем разность высот иногда достигает 2 м и более. Регулировать водный режим на таких почвах сложнее, чем на плоских участках. Это объясняется большой разницей во влагозапасах на высотах и в низинах. Выпадающие атмосферные осадки стекают в низины, переувлажняют их. Переувлажнение может быть значительным, поэтому на низинах нельзя обрабатывать землю и выращивать сельскохозяйственные культуры. Контуры участков мелкие, что, естественно, снижает эффективность использования техники и сельскохозяйственных угодий. Одним каким-либо способом достичь нужной степени осушения невозможно.

В таких условиях регулирование водного режима должно проводиться комплексно. Необходимо предусмотреть мероприятия, ускоряющие сток поверхностной воды весной во время снеготаяния и удаляющие в допустимые сроки избыточную воду из пахотного и подпахотного слоев, заботиться о сохранении гумусового слоя и плодородия земель. Достигают это устройством ложбин стока, которые объединяют отдельные западины, планировкой поверхности почвы и засыпкой низин. Из незначительных понижений воду удаляют выборочными собирателями. Хороший эффект дают поглотительные устройства, переводящие поверхностный сток во внутренний со сбросом воды в водоприемник (рисунок 2.10). При осушении земель атмосферного водного питания можно подбирать также эффективные агромелиоративные мероприятия.

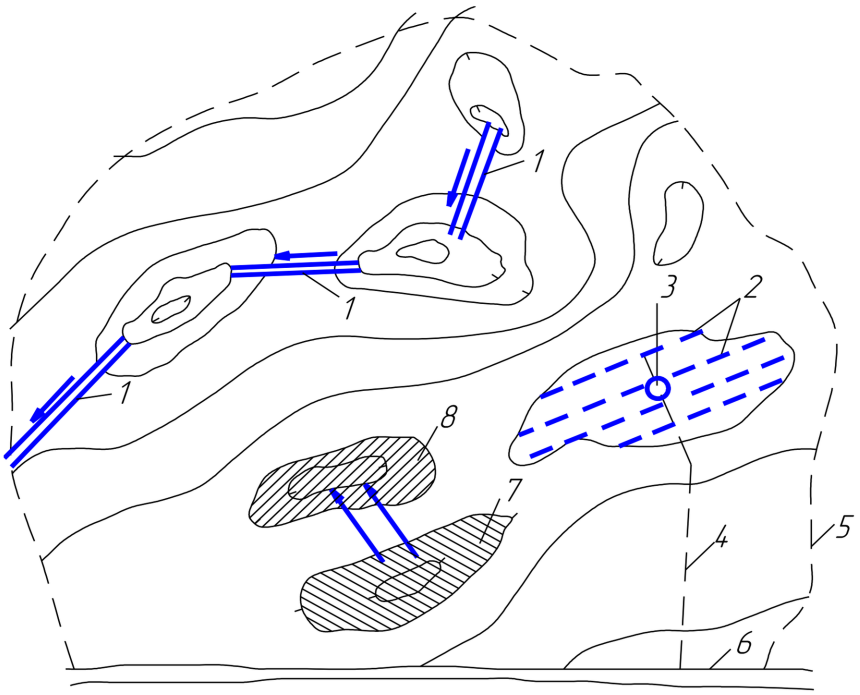


Рисунок 2.10 – Схема осушения земель со сложным рельефом
1 - ложбина стока; 2 - закрытые собиратели; 3 - поглотительный колодец;
4 - транспортирующий собиратель; 5 - границы осушения; 6 - водоприемник;
7 - срезанный бугор; 8 - засыпанное понижение

В соответствии с методом *осушения земель грунтового водного питания* в этих условиях необходимо понижение уровня грунтовых вод. На землях с замкнутым бассейном грунтовых вод понижение их уровня достигается устройством открытой или закрытой сети. Схему осушительной системы выбирают в зависимости от размеров участка. Участок небольшой ширины можно осушить одним каналом. На широких участках проектируют систематический дренаж, а по периферии массива предусматривают ловчий канал.

В случае притока фильтрационных вод из рек или водохранилищ территорию защищают береговым дренажем. В такой схеме также могут быть ловчие каналы или дрены и систематическая регулирующая сеть.

Расстояние между истоками дрен двух смежных систем принимается не более 3 м, так как торцы дрен имеют незначительный осушительный эффект. Если закрытые дрены перпендикулярны к коллекторам рядом расположенной системы, их истоки не доводят до коллекторов на расстояние L/2. Эту полосу осушает коллектор. Такое же расстояние выдерживается, если дрена проектируется параллельно границе участка, а приток на него грунтовой воды со стороны отсутствует. Полоса земли вдоль канала будет осушена, если истоки дрен будут устроены до полосы разровненного кавальера.

При *грунтово-напорном водном питании* необходимо понизить пьезометрический уровень напорных вод, поступающих с водосбора. Для этих целей можно применить ловчий канал, дно которого целесообразно вре-

зать в водоносный пласт на глубину 30-50 см. Если этим каналом осушение не достигается, проектируют систематическую сеть по территории объекта. При размещении регулирующей сети обязательно, чтобы она пересекала места с наиболее интенсивным водным питанием.

Чтобы усилить осушительный эффект при большой мощности водоносного пласта, на регулирующей и оградительной сети устраивают вертикальные колодцы, соединяемые с горизонтальными дренами.

Если избыточное увлажнение земель наблюдается *за счет делювиальных вод (со склонов)* при намывном водном питании, принимают меры для уменьшения объема стекающей воды, т. е. устраивают нагорные каналы или закрытые собиратели с обсыпкой труб фильтрующими материалами. В дополнение к этим мерам при большой ширине участка прокладывают систему регулирующих элементов. Сократить объем стока можно также агромелиоративными мероприятиями, проводимыми на водосборе, и регулированием стока воды на нем.

С переувлажнением земель, вызванным *аллювиальными водами,* борются путем регулирования рек-водоприемников, понижения уровня воды в прудах и водохранилищах, устройства дамб обвалования. Профильтровавшиеся со стороны водотока воды перехватывают береговым дренажем. С таких территорий воду чаще всего отводят насосами.

2.6 Регулирующая сеть осушительной системы

2.6.1 Виды регулирующей сети

Пути, по которым избыточная вода поступает в регулирующую сеть, определяют принцип действия этой сети. Он зависит от вида почв, которые осушаются.

На тяжелых минеральных почвах вследствие их низкой водопроницаемости избыточные воды не могут просачиваться в нижние подпочвенные слои. Поэтому в регулирующую сеть, устраиваемую на таких почвах, вода поступает по поверхности или подпахотному слою. Такой путь формирования стока в регулирующей сети называется *собирательным.*

На легких почвах вследствие их большой водопроницаемости атмосферные осадки или поверхностные воды просачиваются в подпочвенный слой и накапливаются на водоупоре. При устройстве регулирующей сети на таких почвах сток воды формируется по порам подпочвенных слоев. Описанный путь поступления воды в регулирующую сеть называется *осушительным* или *дренажным.* При собирательном принципе действия регулирующая сеть называется *собирательной,* а при дренажном – *дренажной (или осушительной).*

Регулирующая сеть может быть открытой и закрытой. *Открытая* состоит из системы каналов, а в некоторых условиях также из ложбин стока и временных выводных борозд. В систему *закрытой* сети входят закры-

тые дрены или закрытые собиратели, водопоглотительные колодцы и другие устройства.

Регулирующая сеть подразделяется на систематическую и выборочную. *Систематическая* регулирующая сеть состоит из регулирующих устройств, располагаемых на расчетном расстоянии друг от друга на всей осушаемой площади. *Выборочная* регулирующая сеть применяется на сложном рельефе с наличием возвышений и переувлажняемых микропонижений. Она проектируется для регулирования водного режима только в микропонижениях (рисунок 2.10).

По отношению к направлению движения избыточных поверхностных или грунтовых вод регулирующая сеть бывает поперечной и продольной. *Поперечная сеть* размещается перпендикулярно (поперек) к движению поверхностных или грунтовых вод, а *продольная* – вдоль (параллельно) движения этих вод. Наибольший эффект, особенно на тяжелых почвах, дает поперечная схема, так как обеспечивает самый большой перехват стекающих избыточных вод.

2.6.2 Открытая регулирующая сеть

Осушение открытой сетью допускается на почвах, которые планируют для выращивания многолетних трав. Осушение открытой сетью земель, которые используются под пашню или пастбище, целесообразно в исключительных случаях. Необходимость создания открытой сети обосновывается технико-экономическими расчетами с учетом почвенных и гидрогеологических условий. Открытая система каналов может также применяться для осушения лесов, болот, при добыче торфа. В сложных условиях она устраивается для предварительного сброса воды с целью повышения несущей способности грунтов и снижения концентрации железистых соединений в грунтовой воде.

Основным достоинством осушения земель открытой сетью каналов является универсальность применения этого способа: можно осушать малоуклонные участки, почвы с низкой несущей способностью и интенсивным водным питанием. Строительство открытой сети можно полностью механизировать, такая сеть легко выполнима в любых грунтах без предварительного осушения. Большая фильтрационная поверхность откосов создает лучшие условия поступления грунтовой воды в каналы. Капитальные вложения на строительство открытой сети значительно меньше, чем при других способах осушения.

К недостаткам осушения земель открытыми каналами относятся: значительное уменьшение площади земельных угодий за счет расположения на них каналов; каналы затрудняют передвижение механизмов и машин по площади, в связи с этим возникает потребность в строительстве большого количества сооружений; малый срок службы открытой сети; во многих случаях необходимы крепления каналов, которые повышают стоимость каналов в 2 раза и более; трудоемка эксплуатация, так как каналы

заиляются, зарастают, их часто приходится очищать; откосы каналов, необрабатываемые бермы служат рассадниками сорняков на полях.

Расстояние между каналами открытой регулирующей осушительной сети принимают по расчету или по рекомендациям научно-исследовательских и опытных учреждений.

Расстояние между каналами открытой регулирующей осушительной сети (м) можно определить по формуле С.Ф. Аверьянова [14]

$$B = 3{,}6\sqrt{\frac{I}{n}} \times \frac{1-\sigma}{\sigma} h\tau T, \qquad (2.1)$$

где I – уклон поверхности;

n – коэффициент шероховатости поверхности;

σ – коэффициент стока;

$h = PT_1$ – слой осадков, выпавших за время T_1, мм;

P – интенсивность выпадения осадков, мм/ч;

τ – параметр, равный отношению T/T_i,

T – нормативное время отвода поверхностной воды, ч;

T_1 – время выпадения осадков, ч.

Коэффициент шероховатости поверхности в зависимости от использования осушаемой территории принимается: для хорошо вспаханной поверхности – 0,12; свежескошенной поверхности луга – 0,8. Коэффициент поверхностного стока σ выбирают по таблице 2.4. Слой осадков определяют по агроклиматическим справочникам или принимают по данным метеостанций.

Таблица 2.4 - Значения коэффициента поверхностного стока (В.В. Колпаков, И. П. Сухарев, 1981)

Условия стока	σ
Почвогрунты хорошей водопроницаемости, пологие склоны, пашня	0,3-0,4
Почвогрунты средней водопроницаемости, средние склоны, луга	0,4-0,5
Почвогрунты ниже средней водопроницаемости, лесные склоны	0,5
Почвогрунты малой водопроницаемости, лесные склоны	0,65-0,85
Весенний сток по мерзлой почве	0,70-0,95

Расстояния между каналами открытой регулирующей сети при осушении земель, используемых под искусственные сенокосы и лугопастбищные севообороты, составляют: на низинных торфах 70-80 м, на верховых торфах 50-60 м, на средних суглинках 60-70 м, на легких суглинках 70-80 м, на супесях 80-90 м и на песках 90-120 м.

Эти расстояния следует принимать с учетом региональных особенностей. Меньшие расстояния между каналами принимают для болот с более глубокой торфяной залежью при заболачивании почвогрунтов напорными водами [10].

Под полевые, прифермские и овощные севообороты открытую осушительную сеть можно применять только как временную, расстояния между ними определяются расчетом.

Оптимальную длину открытых каналов принимают в пределах 700-1500 м. Регулирующие каналы трассируют параллельно друг другу, увязывают с границами участков, полей севооборота, коммуникациями и сопрягают с проводящей сетью под углом 60-90°. Для обеспечения естественного продольного уклона, средней глубины по всей длине, не уменьшая эффективности регулирования стока воды, каналы прокладывают под острым углом к горизонталям. Каналы открытой регулирующей сети сооружают трапецеидальной формы.

Глубина каналов, предназначенных для ускорения стока поверхностных вод, зависит от назначения мелиорируемой площади и типа почв.

Таблица 2.5 - Глубина открытых осушительных каналов на тяжелых минеральных почвах, м

Использование мелиорируемых земель	Глубина канала
Пашня, пастбище	0,9-1,1
Луга	0,8-1,0
Сады и парки	1,5-1,6

При установлении строительной глубины каналов на торфяных почвах необходимо учитывать их сработку и осадку. Величину сработки, возникающей вследствие минерализации органического вещества торфа и ветровой эрозии, для расчетов берут в среднем 0,3 м, а осадку определяют по формулам [8, 10].

Минимальный продольный уклон регулирующих каналов по возможности на всей длине необходимо выдерживать не менее 0,0003.

Ширина регулирующего канала по дну принимается 0,2-0,4 м. Крутизна откосов характеризуется коэффициентом заложения *m,* показывающим отношение величины *l* (проекция откоса на горизонтальную плоскость) к глубине канала *H*. Коэффициент заложения откосов зависит от водно-физических свойств почвогрунтов и принимается для глин и тяжелых суглинков – 1, легких суглинков, супесей – 1,25-1,5, песков 1,5-1,75, торфяных почв 1-1,5. Чем меньше степень разложения торфа, тем меньше коэффициент заложения откосов.

Линия пересечения откоса с поверхностью земли называется *бровкой,* а грунт, вынутый в процессе строительства канала и уложенный в стороне от него – *кавальером.* После строительства каналов кавальеры разравнивают слоем 10-15 см бульдозерами. Если поверхность земли имеет уклон в одном направлении, при устройстве каналов вынимаемый грунт укладывают на низовую сторону, чтобы не создавалось препятствий поступлению воды в канал. Участок от бровки канала до подошвы кавальера называется *бермой.* Для удобства разравнивания кавальеров бульдозерами ширина бермы принимается равной 1,5-2 м.

2.6.3 Закрытая регулирующая сеть

2.6.3.1 Виды закрытой регулирующей сети и условия ее применения

Закрытая регулирующая сеть представляет собой полости, создаваемые в почвогрунтах на определенной глубине и предназначаемые для регулирования водного режима в корнеобитаемом слое почвы. В условиях переувлажнения земель эта сеть должна своевременно удалять избыточную воду, а в засушливое время обеспечивать растения необходимой влагой.

Закрытую регулирующую сеть применяют для регулирования водно-воздушного режима на легких, тяжелых и торфяных почвах преимущественно низинного типа. На легких почвах и торфяниках водный режим регулируют в основном изменением положения уровня грунтовых вод в соответствии с развитием растений. Эту функцию выполняют закрытые дрены, или просто дренаж. На почвах тяжелого механического состава сток поверхностных вод регулируют закрытыми собирателями.

Закрытая сеть может быть материальной и нематериальной (рисунок 2.11). В первом случае полость в почве закрепляют керамическими, пластмассовыми, бетонными и другими трубами. Полость можно также заполнять камнем, хворостом и другим материалом, имеющим пористую хорошо водопроницаемую структуру. К нематериальной сети относятся кротовые и щелевые дрены.

Кротовый дренаж представляет собой систему полостей без крепления стенок. Кротовый дренаж применяют на тяжелых почвах (глины, тяжелые и средние суглинки), а также на торфяниках, не содержащих погребенной древесины.

В торфяных почвах устойчивость кротовин зависит от разложения торфа. Чем меньше степень его разложения, тем устойчивее кротовые дрены и тем больше срок их службы.

Кротовые дрены устраивают на глубине 0,7-0,9 м при расстоянии между ними 5-10 м. Длина их равна 100-200 м, уклон 0,003-0,005. Кротовые линии проектируют по возможности параллельно горизонталям и выводят в открытые каналы. Выход кротовин в канал укрепляют керамическими, пластмассовыми и другими трубами.

Щелевые дрены устраивают в торфяных почвах, даже имеющих погребенную древесину. Нарезают их специальными дренажно-щелевыми машинами с активным рабочим органом. Вследствие этого стенки полости щели не уплотняются и по своему действию наиболее эффективны. В разрезе щелевые дрены имеют трапецеидальную форму. Устраивают дрены глубиной 0,9-1,2 м при уклонах до 0,005 – длиной до 200 м, при уклоне более 0,005 – до 300 м. Устья щелевых дрен крепят трубами. Продолжительность работы щелевых дрен 10-15 лет.

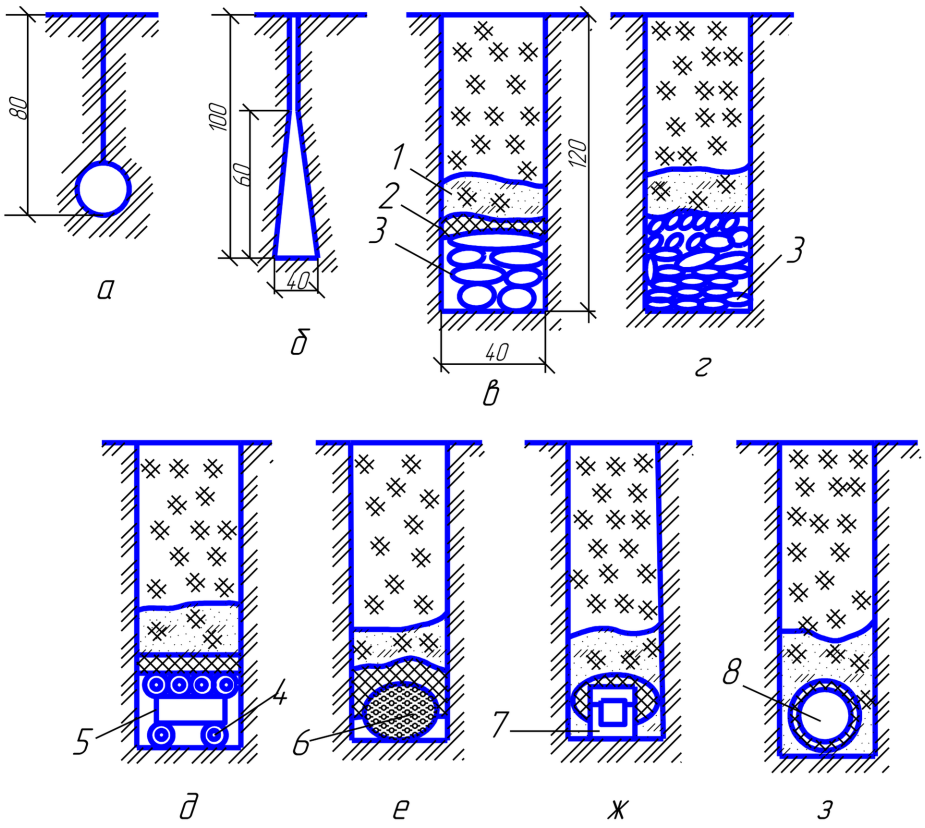


Рисунок 2.11 – Конструкции закрытых дренажей

а – кротового; б – щелевого; в – из каменных плит; г – из каменной наброски; д – жердевого; е – фашинного; ж – деревянного досчатого; з – гончарного или пластмассового; 1 – гумусированный слой; 2 – защитный фильтрующий материал; 3 – камень; 4 – жерди; 5 – деревянная прокладка; 6 – фашина; 7 – труба из досок; 8 –гончарная или пластмассовая дрена (размеры в см)

По принципу устройства закрытые дрены и собиратели бывают траншейные и бестраншейные. Траншейные устраивают с предварительной отрывкой траншеи. В траншеи укладывают необходимые материалы. К бестраншейным относятся кротовые дрены и собиратели, а также материальная регулирующая сеть, устройство которой не требует траншеи. Таким способом можно укладывать пластмассовые трубы. Закрытая сеть проектируется при уклонах местности не менее 0,002-0,003.

Изучается также работа закрытых линий, которые имеют уклоны менее нормативных (от 0 до 0,0015). Такие линии называют мало- или безуклонными. Вода в полость поступает под действием напора грунтовых вод. Они могут предусматриваться на равнинных болотах, заболоченных и минеральных землях. Водопроницаемость почв должна быть не менее 0,1 м/сут, что обеспечивает нормальную работу закрытых линий. Применение малоуклонной и безуклонной закрытой регулирующей сети позволяет уменьшить глубину устьевой части, что в свою очередь не потребует устройства глубоких проводящих каналов. Мелкая мелиоративная сеть в меньшей степени понижает уровень грунтовых вод на прилегающей территории. Строительство таких каналов дешевле, чем систем с водотоками, имеющими искусственный уклон [4].

К достоинствам закрытых мелиоративных систем относятся: высокий коэффициент земельного использования, отсутствие препятствий для передвижения на осушаемой площади сельскохозяйственных машин и орудий; равномерное регулирование уровня грунтовых вод, достигаемое регулирующими элементами с относительно небольшими расстояниями между ними; удобство в эксплуатации; продолжительный срок работы (до 50-100 лет). Основные недостатки: высокая стоимость; возможный вынос питательных элементов из корнеобитаемого слоя почвы; сложность ремонта; ограниченность применения – невозможно или трудно применять на малоустойчивых или просадочных почвах, необходимы значительные уклоны местности.

2.6.3.2 Виды труб для строительства закрытых дрен и собирателей. Защита закрытой регулирующей сети от заиления

Наибольшее распространение во всем мире для строительства закрытых дрен и собирателей получили *керамические трубы.* Их изготавливают из глин, а затем обжигают. Керамические трубы – надежный испытанный материал. Дрены, устроенные с использованием таких труб, функционируют 50 лет и более.

В соответствии с требованиями ГОСТа трубы в поперечном сечении как по внутренней, так и по внешней поверхности должны иметь форму правильной окружности. Для удобства складирования и транспортирования керамические трубы выпускают также в форме правильного внешнего многоугольника с круглой полостью.

Для устройства закрытой регулирующей сети используют керамические трубы диаметром 50 мм и 75 мм. При обосновании могут применяться трубы больших диаметров. За рубежом закрытую сеть строят из труб диаметром до 100 мм и более.

В целях повышения эффективности работы закрытых систем, качества строительства и производительности труда могут применяться керамические трубы с перфорацией, рифленые, раструбные, с канавками шириной до 2 мм по внешней поверхности, с фасками и др.

Пластмассовые трубы изготавливают из полиэтилена высокой плотности (ПВП) и поливинилхлорида (ПВХ). Они бывают гофрированные и гладкостенные, обладают достаточной прочностью, устойчивы в агрессивной среде. Гофрированные дренажные трубы из ПВП выпускают диаметром 50-125 мм и поставляют в бухтах. Гладкостенные трубы наружным диаметром 50 мм поставляют в бухтах, а больше 50 мм – отрезками.

По сравнению с керамическими пластмассовые трубы обладают целым рядом преимуществ. Они гораздо легче; их можно изготовить длиной, равной длине закрытой линии; в пластмассовых трубах можно сделать любое количество отверстий различной формы и конфигурации. Легкая выполнимость определяет разнообразие пластмассовых труб.

Гофрированные и гладкостенные трубы перфорируются круглыми отверстиями или щелями. При этом целесообразно, чтобы отверстия в гофрированных трубах были расположены по впадинам гофр [2, 4, 10].

Вследствие сужения фильтрационного потока около водоприемных отверстий увеличиваются скорости движения грунтовой воды. Это приводит к деформации грунта в области стыковых зазоров и перфорационных отверстий.

Если скорость движения воды в трубе недостаточна для выноса твердых частиц, то они отлагаются в ее полости, т.е. начинается механическое заиление труб. Механическому заилению более всего подвергается закрытая сеть, построенная в супесях и пылеватых суглинках, а также в торфяных почвах, имеющих хорошую степень разложения (35-50 %).

Для борьбы с механическим заилением применяют различные защитно-фильтрующие материалы. Они подразделяются на органические и минеральные. К органическим относятся мох, торф, солома и другие, к неорганическим – песчано-гравийные смеси, шлаки, а также искусственные материалы: стеклохолст, стеклоткани, минеральная и стеклянная вата.

К защитно-фильтрующим материалам предъявляются следующие основные требования: должны повышать водоприемную способность закрытой сети, иметь незначительные сопротивления притоку воды, быть удобными в обращении, безопасными для человека и животных, устойчивыми в агрессивной среде, обладать достаточной прочностью, что в значительной степени позволит механизировать укладку фильтров на водоприемные отверстия или трубы.

Чтобы обеспечить надежную работу закрытой сети, необходимо подбирать такие защитно-фильтрующие материалы, коэффициент фильтрации которых превышал бы водопроницаемость песчаных грунтов не менее чем в 5 раз, торфяных почв – в 10 и тяжелых – в 20 раз.

Для защиты труб от заиления чаще всего используется стеклохолст. Произвольное расположение в нем нитей в отличие, например, от стеклоткани создает меньшее сопротивление притоку воды в полость труб. Чтобы повысить прочность стеклохолста, в некоторых случаях его армируют капроновыми нитями.

Выбор схемы защиты закрытой сети от заиления зависит от конструкции труб, гидрогеологических условий, а также способа укладки труб и фильтрующих материалов.

К особому виду заиления – химико-биологическому – относится заиление закрытой регулирующей сети продуктами окиси железа, или заохривание. При осушении почв закисные формы железа, растворенные в грунтовой воде, соединяются с воздухом и окисляются. В результате образуется нерастворимая гидроокись железа, которая выпадает в осадок, заиляет трубы и снижает их работоспособность.

Если в грунтовой воде имеются железистые соединения, необходимо предусмотреть меры по борьбе с выпадением их в осадок. По Б.С. Маслову [8], при содержании в грунтовой воде железистых соединений менее 3 мг/л

опасность заиления ими отсутствует, при наличии от 3 до 5 мг/л степень заиления слабая; от 5 до 8 мг/л – средняя; 8-14 мг/л – сильная и более 14 мг/л – очень сильная.

Чтобы уменьшить заиление или предотвратить закрытые дрены от него, создают сеть для перехвата грунтовых вод, поступающих со смежных территорий. Дрены устраивают с минимальным уклоном 0,006 и диаметром 75-100 мм, сокращают доступ воздуха в дренажную сеть, для чего устья коллекторов делают затопленными. Уменьшить выпадение железа в осадок можно путем внесения в траншеи ингибиторов: извести 1,5 кг/м или фосфоритной муки не менее 1 кг/м. Расстояние между дренами по сравнению с расчетным при содержании 5-8 мг/л закисного железа уменьшается на 10 и на 15 %, если железа в грунтовой воде более 8 мг/л.

2.6.3.3 Основные параметры закрытой регулирующей сети

При проектировании закрытого горизонтального дренажа должны быть установлены и обоснованы глубина и уклон их заложения, расстояния между дренами, диаметры труб, длина дрен, состав и толщина фильтра.

Глубина заложения дрен должна превышать норму осушения на значение действующего напора. Кроме того, для сохранности при прохождении техники по полям глубина заложения труб должна быть не менее 1,0-1,2 м на минеральных грунтах и 1,2-1,3 м на торфяниках. Для возможности работы дрены зимой и ранней весной глубина ее закладки должна быть больше глубины промерзания. По условиям механизации строительства глубина траншеи не должна превышать 4 м. По длине дрены ее глубина может изменяться, но не должна быть меньше минимально допустимой.

Диаметр дрены принимают таким, чтобы дрена пропускала расчетный расход неполным сечением с допустимыми скоростями. Опыт показывает, что для этого достаточен диаметр 50 мм, при опасности заохривания – 100 мм. Пределы скоростей воды, поддерживаемых в дренах, составляют для гончарных труб 0,3-1,5 м/с; для пластмассовых труб 0,3-3,0 м/с [3].

Уклон дрены назначают из условия обеспечения допустимых скоростей воды в дрене. Минимальные уклоны закрытых дрен принимают по таблице 2.6 [8].

Таблица 2.6 – Минимальные уклоны дрен

Тип дрен	Уклон
Керамические	0,003
Деревянные	0,003
Каменные, фашинные	0,004
Кротовые:	
в минеральных грунтах	0,002
в торфах	0,003
Щелевые	0,001

В зависимости от типа грунта и диаметра труб уклоны пластмассовых дрен изменяются (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Минимально допустимые уклоны пластмассовых дрен

Грунт	Диаметр трубы, мм					
	50	63	75	90	110	125
Гладкостенные трубы						
Торфяной	0,0025	0,002	0,002	0,002	0,0015	0,001
Минеральный	0,0025	0,0025	0,002	0,002	0,0015	0,001
Пески плывунные	0,0045	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,0021
Гофрированные трубы						
Торфяной	0,003	0,003	0,0025	0,002	0,0015	0,001
Минеральный	0,003	0,003	0,003	0,0025	0,002	0,0015
Пески плывунные	0,005	0,0045	0,004	0,0035	0,003	0,0025

Если уклон поверхности земли не меньше минимально допустимого для дрены, то ее укладывают параллельно поверхности земли, при этом получают постоянную глубину дрены. Если уклон поверхности земли меньше минимально допустимого для дрены, дрену заглубляют по длине, обеспечивая ей необходимый уклон. При опасности заохривания дрен (окисными отложениями железа) уклон дрен принимают не менее 0,005 и увеличивают диаметр.

Длина дрен при диаметре до 100 мм может доходить до 250м. На безуклонных землях дрены заглубляют от истока к устью, что создает неравномерность осушения. Поэтому установлена максимально допустимая разность глубин дрены в истоке и устье – 0.3-,4 м. С этим допущением при нулевом уклоне поверхности земли по трассе дрены ее длина не должна превышать 100 м. У коротких дрен выше эксплуатационная надежность, но при этом возрастают суммарная длина коллектора и число сопряжений дрен с коллекторами [3].

Расстояние между дренами можно вычислить теоретическими расчетами и опытным путем. Более универсальны теоретические зависимости, параметры для которых принимают по материалам изысканий и метеорологическим данным. Но этот путь расчета не может учесть многих факторов. Опытные данные справедливы, как правило, для той зоны, в которой они получены. В полевых условиях при анализе расстояния между дренами учитывают максимум влияющих факторов, но не всегда удается выделить основной. Опытные данные анализируют, систематизируют и на их основе составляют рекомендации применения расстояния между дренами в определенных условиях.

На расстояние между закрытыми осушителями существенно влияет мощность водоносного пласта. Если дрены работают в однородном пласте большой мощности (B/T < 3), используют формулу А.Н. Костякова [6]

$$B = \pi kH/q(ln\ B/d - 1), \quad (2.2)$$

где B – расстояние между горизонтальными дренами, м;

k – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;

H – напор над дреной, $H = b - a$, м;

b – глубина закладки дрен, м;

q – интенсивность инфильтрационного питания; $q = \Delta W_{грунт}/365$, м/сут;

d – внутренний диаметр дренажной трубы, м.

При близком водоупоре (B/T≥3) используют формулу С.Ф. Аверьянова [14]

$$B = 2H_Д\sqrt{\frac{K}{q}}\left(1+\frac{2S}{H_Д}\right)\alpha \quad (2.3)$$

где $$\alpha = \frac{1}{1+\frac{2S}{B}\cdot 2{,}94\lg\left(\frac{1}{\sin(\pi d/2S)}\right)}$$

B – расстояние между дренами, м;

$H_Д$ – среднее превышение уровня грунтовых вод между дренами над уровнем воды в дрене за расчетный период, м, м;

K – приведенный коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

$$K = \frac{K_1\cdot T_1 + K_2\cdot T_2}{T_1 + T_2};$$

K_1 и T_1, K_2 и T_2 – коэффициенты фильтрации и мощность для пахотного и подстилающего горизонта соответственно;

S – расстояние от дрены до водоупора, м;

q – среднесуточный приток воды к дрене, м/сут,

$$q = \frac{H_P}{t}$$

где H_P – слой воды заданной обеспеченности, который должен быть отведен за расчетный период t, м;

$$H_P = H_B + \mu\alpha + \sum H_0 - et;$$

H_B – слой воды на поверхности почвы, который требуется отвести, м;

$\sum H_0$ – сумма осадков выпавших за расчетный период, мм;

e – суточная интенсивность испарения, м/сут;

t – время отвода воды, сут;

μ - коэффициент водоотдачи.

Схема для расчета расстояния между закрытыми осушителями представлена на рисунке 2.12 [7].

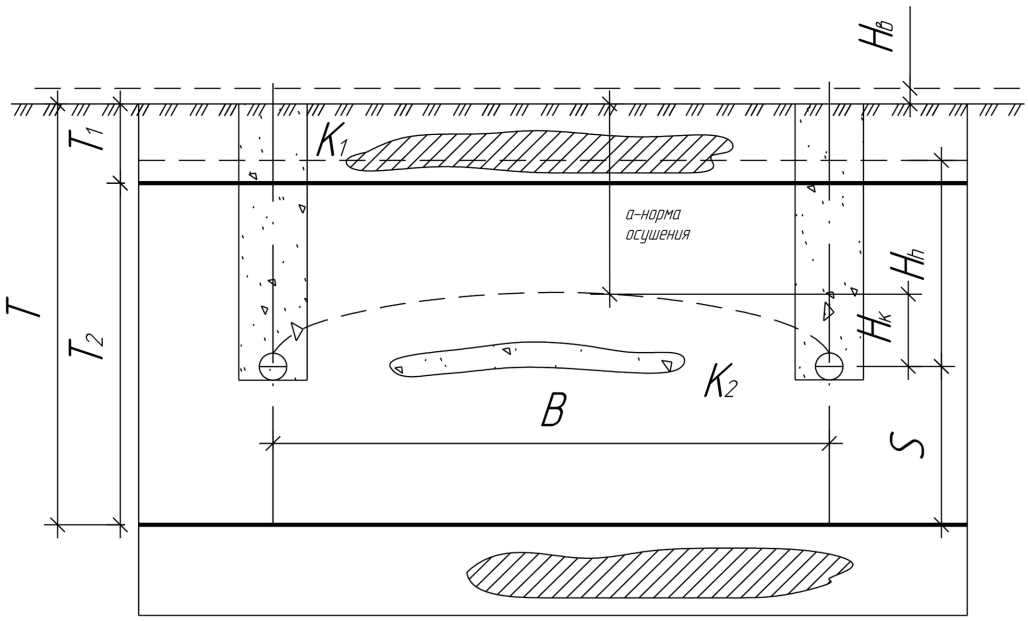


Рисунок 2.12 – Схема к расчету расстояния между закрытыми осушителями

По имеющимся данным составляют расчетную схему и подбирают формулу. Далее находят компоненты, входящие в расчетные зависимости. Эти компоненты определяют на основе материалов изысканий, справочной литературы, а также по фактическим наблюдениям.

Расчет расстояния между закрытыми осушителями осуществляется методом последовательного приближения (методом итераций). Расчет заканчивается если разница между заданным и полученным значениями *B* не превышает 1 м.

Расстояние между дренами желательно рассчитывать дважды. Основным расчетным периодом является весенний. В это время дренаж отводит избыточную воду и к началу полевых работ уровень грунтовых вод должен быть понижен до предпосевной нормы осушения. Поверочным считают летний период, когда дренаж должен обеспечить в почве требуемую вегетационную норму осушения.

По расстояниям между дренами имеются обобщенные данные, по которым ориентировочно можно принять эту величину.

Для условий Нечерноземной зоны России расстояния расстояние между дренами представлены (ориентировочно) в зависимости от грунтов в таблице 2.8 [8].

Таблица 2.8 – Расстояния между дренами, м

Грунт	Расстояние
глина	8-12
тяжелый суглинок	10-15
средний суглинок	14-20
легкий суглинок	16-25
торф низинный	20-40
песок мелкозернистый	30-50

Для повышения эффективности осушения тяжелых почв применяют мероприятия по ускорению поверхностного стока. Эти мероприятия делят на инженерные и агромелиоративные. К инженерным относятся устройство оградительной сети, водопоглотительных колодцев, выравнивание поверхности планировкой, создание ложбин стока.

Оградительная нагорная сеть уменьшает объем воды, поступающей со смежных территорий. Водопоглотительные колодцы устраивают в отдельных понижениях и переводят из них воду в закрытую сеть. Выравнивание поверхности производят с целью придания осушаемой площади общего уклона либо в одну сторону, либо в обе стороны к каналам от их середины, если поверхность не имеет уклона. Ложбины стока применяют для ускорения поверхностного стока на участках с закрытыми системами, где расстояние между открытыми проводящими каналами превышает 300 м, а также для удаления воды из отдельных замкнутых понижений. Ложбины стока прокладывают по самым низким элементам рельефа. Из ложбин стока вода удаляется в открытую сеть. Ложбины стока проектируют глубиной 0,2-0,6 м с уклоном не менее 0,00075. Чтобы они были проходимы для сельскохозяйственной техники, заложение откосов принимается не менее 1:10. Максимальная длина ложбин до 400 м.

Ложбины могут быть засеваемые и незасеваемые. Не засеваемые сельскохозяйственными культурами ложбины устраивают при наличии размывающих скоростей и крепят посевом трав или одерновкой.

Перед устройством ложбин с их трасс бульдозерами или другой техникой удаляется гумусовый слой почвы и складируется за пределами строительной зоны. После проведения строительных работ гумусовая почва разравнивается по участкам, где производились работы.

Своевременному отводу избыточной воды с осушаемой территории способствуют и агромелиоративные мероприятия. С их помощью можно также перераспределять влагу по почвенному профилю и способствовать созданию дополнительных запасов продуктивной влаги в пахотном слое. К основным агромелиоративным мероприятиям относятся узкозагонная вспашка, гребневание, грядование, кротование, рыхление подпахотного слоя, глубокая вспашка, устройство водоотводных борозд.

Узкозагонную вспашку применяют на сравнительно ровных полях, имеющих выраженный общий уклон. Ширина загонов при уклоне поверхности 0,002 равна 12-15 м. Если величина уклонов больше, ширина их увеличивается до 15-20 м.

Гребневание рекомендуется на тяжелых слабоводопроницаемых почвах при выращивании пропашных культур. Гребни устраивают через 0,7 м. Борозды между гребнями соединяют с выводными бороздами, по которым ускоряется сток воды. При грядовании роль временных мелких осушительных канав выполняют межгрядовые борозды. Гряды, как правило, нарезают весной.

Кротовины – это полости, созданные в почве специальными орудиями – дренерами. В тяжелых глинистых почвах диаметр кротовин 7-10 см.

Кротовины прокладывают на глубине 30-40 см через 1-3 м. Кротование проводят поперек закрытых собирателей. Чтобы снизить фильтрационное сопротивление при движении воды от кротовины к собирателям, траншеи собирателей засыпают хорошо водопроницаемой засыпкой (песчано-гравийной смесью).

Рыхление подпахотных слоев – активный прием усиления внутрипочвенного стока и накопления влаги в подпахотном слое. Глубокое рыхление проводят одновременно со вспашкой или отдельно от нее. Глубокую (безотвальную) вспашку выполняют специальными орудиями или кустарниково-болотными плугами без отвалов.

Водоотводные борозды глубиной 20-30 см применяют как временное мероприятие для отведения воды из замкнутых понижений глубиной до 25 см. Эти борозды нарезают, как правило, силами хозяйств ежегодно весной или осенью [8].

2.7 Проводящая и ограждающая сети осушительной системы

2.7.1 Назначение, виды и режим работы проводящей сети

Проводящая сеть осушительной системы предназначена для своевременного приема и отвода воды, поступающей из регулирующей сети и других водотоков, и транспортирования ее в водоприемник. Она может быть открытой и закрытой.

К открытой сети относятся транспортирующие собиратели, открытые коллекторы в виде каналов, а также магистральные каналы различных порядков. Транспортирующие собиратели непосредственно принимают воду из открытой регулирующей сети. Они устраиваются на участках, где необходимо ускорение стока поверхностных вод. Открытые коллекторы проектируют на землях, где регулируется сток или уровень грунтовых вод. В конструктивном отношении между этими типами водотоков разницы нет.

Закрытая проводящая сеть может состоять либо из закрытых транспортирующих собирателей, либо из закрытых коллекторов. В первом случае в нее впадают закрытые собиратели, а во втором – дрены. Иногда эти два водотока называют коллекторами.

В открытую проводящую сеть осушительной системы поступают поверхностные и грунтовые воды. Они формируются на прилегающих территориях, а также внутри осушаемого массива. Объем воды, который попадает в канал, зависит от многих факторов. На количество воды влияют климатические показатели (интенсивность и продолжительность выпадения атмосферных осадков, температура воздуха, испарение), тип водного питания, характер использования и состояния поверхности водосборной площади. Большую роль для стока воды играют величина водосборной площади, уклоны поверхности, размеры мелиорируемого участка. Растительность на водосборе может задержать часть стока и уменьшить его. Изменяют сток также озера и болота, расположенные на водосборах. Они ак-

кумулируют часть стока, и объем воды, стекающей по поверхности до расчетных створов, уменьшается.

Учитывая многообразие причин, влияющих на сток воды, и что количество его неодинаково в разное время года, необходимо установить наиболее ответственные моменты в работе проводящей сети, т.е. определить расчетные периоды. При этом следует принимать во внимание характер использования мелиорированных земель, так как разные культуры поразному реагируют на изменение водного режима водотоков. Для расчетных периодов вычисляют количество воды, которое поступает к расчетному створу проводящей сети. Эти расчетные расходы воды должны проходить по руслу проводящих каналов с определенной глубиной. Глубина должна быть такой, чтобы отрицательное влияние воды на работу канала было наименьшим.

Самое большое количество воды в проводящую сеть поступает в *весенний период,* когда тает снег. В этот период возникает опасность затопления полей при выходе воды из бровок канала, а также возможность размыва его русла.

В качестве расчетного принимается не абсолютный максимум, а расход определенной вероятности (обеспеченности). Процент вероятности может обосновываться технико-экономическими расчетами с учетом ценности сельскохозяйственных культур. По принятому расчетному расходу в зависимости от использования мелиорируемых земель устанавливается уровенный режим воды в каналах. Вода из каналов может выйти на прилегающую территорию, если в составе севооборотов отсутствуют озимые. При наличии их в севообороте затопление полей водой из каналов не допускается и расход выбранной обеспеченности должен быть пропущен в отметках, не превышающих бровки канала.

Важным этапом в работе систем является *предпосевной период.* Его можно определять двумя путями. Началом предпосевного периода считают дату на 7-10 дней раньше даты начала весенних полевых работ. В свою очередь последнюю определяют по сумме температур после схода снежного покрова. Расчетный расход устанавливают на основе статистической обработки многолетнего ряда расходов, соответствующих началу полевых работ.

Второй путь нахождения предпосевного расхода связан с расходом весенних вод и продолжительностью затопления сельскохозяйственных культур в этот период. Величина расхода определяется в результате обработки экспериментальных данных.

Летне-осенние паводки наблюдаются на водотоках с малой водосборной площадью при выпадении ливней или затяжных дождей. Для некоторых районов летне-осенние расходы могут превышать весенние паводки и поэтому пренебрегать этими расходами нельзя. Как правило, при летне-осенних паводках определенной вероятности подъем воды в каналах допускается до бровок. Такой подъем бывает непродолжительное время и

не может оказать отрицательного влияния на развитие сельскохозяйственных культур.

Малые расходы наблюдаются в летние и зимние периоды работы системы. Наибольший интерес представляет *период бытовых расходов* летом (бытовой, или меженный, период). Эти расходы являются расходами наибольшей повторяемости и по абсолютному значению несколько больше минимальных расходов. Они формируются за счет поступления в каналы преимущественно грунтовых вод.

Перечисленные требования должны учитываться при плановой и вертикальной увязке проводящей и регулирующей сети.

Для защиты от поступления на осушаемую территорию поверхностных и грунтовых вод со смежных водосборных площадей служит *оградительная сеть*. Она уменьшает количество воды, принимаемое регулирующей сетью. Поэтому для пропуска воды параметры каналов необходимы меньшие, чем без оградительной сети. По назначению оградительную сеть подразделяют на нагорную, ловчую и нагорно-ловчую. Нагорная сеть предназначена для перехвата только поверхностных вод, ловчая – принимает грунтовые воды или понижает их уровень, нагорно-ловчая сеть ограждает мелиорируемый участок от поверхностных и грунтовых вод. По конструкции оградительная сеть бывает открытой и закрытой. Открытая выполняется в виде каналов, а закрытая – из труб, укладываемых на определенной глубине под поверхностью земли.

2.7.2 Расположение проводящей и оградительной сети на плане и в вертикальной плоскости

Открытую проводящую сеть на плане располагают с учетом выбранной схемы мелиорации. Эту сеть проектируют по пониженным элементам рельефа, чтобы обеспечить сброс избыточной воды самотеком.

Транспортирующие собиратели и открытые коллекторы проектируют длиной не более 1500 м, длину магистральных каналов можно обосновывать технико-экономическими расчетами. На участках с малыми уклонами длину каналов нужно принимать минимальной, что потребует меньшего заглубления устьевой части.

При расположении каналов на плане необходимо стремиться к созданию благоприятных и удобных условий для обработки осушаемых полей. Проводящую сеть проектируют по возможности прямолинейной, увязывают с границами осушаемого массива, землепользователей и полей севооборота, а также с коммуникациями, находящимися на мелиорируемой территории (нефте- и газопроводами, линиями электропередач, подземными кабелями и т. д.).

На торфяно-болотных почвах трассы проводящей сети размещают по пониженным местам подстилающего минерального дна. Кроме того, необходимо, чтобы каналы проходили по слою торфа, мощность которого увеличивалась бы к устью. Это обеспечивает надежность работы сети, так как

величина осадки торфа возрастает с увеличением мощности торфяно-болотных почв и по мере эксплуатации уклон дна каналов также повышается.

В целях сокращения удельной протяженности проводящих каналов впадающую в них регулирующую сеть и проводящие водотоки низших порядков подсоединяют с двух сторон. Сопряжение транспортирующих собирателей и коллекторов с магистральными каналами проектируют под углом, близким к прямому, магистрального канала с водоприемником – 45-60°.

Радиусы закруглений магистральных каналов принимают равными 50-100 м. При проектировании проводящей сети на поймах трассы каналов прокладывают так, чтобы они совпадали с направлением движения паводковых вод. Делается это с целью предотвращения размыва каналов.

При проектировании каналов в вертикальной плоскости решают следующие вопросы. Обосновывают или выбирают форму поперечного сечения проводящей сети. Для трапецеидальных форм устанавливают ширину канала по дну, заложение откосов, глубину и уклон дна.

Форма поперечного сечения магистральных каналов может приниматься различной. Наиболее просты в исполнении каналы трапецеидального сечения. В малоустойчивых грунтах могут применяться каналы параболического сечения и комбинированного профиля. Такими могут быть каналы, имеющие в нижней части параболическую форму, а в верхней – откосы с заданным заложением. В многослойных грунтах крутизна откосов может быть разной. Каналы в глубоких выемках можно устраивать с промежуточной бермой.

Транспортирующие собиратели и коллекторы выполняют трапецеидального сечения. Минимальная ширина трапецеидальных каналов по дну в зависимости от их размеров равна 0,4-0,6 м. Меньшее значение берут для проводящей сети низшего порядка, а большее – для магистральных каналов. Во всех случаях ширину по дну увязывают с размерами рабочих органов землеройной машины. Максимальную ширину устанавливают гидравлическими расчетами.

Коэффициент заложения откосов определяют по опытным данным в зависимости от вида грунтов

Глубину проводящей сети увязывают с глубинами регулирующих каналов (рисунок 2.13). Если на участке проектируется только открытая сеть, необходимо предусматривать, чтобы транспортирующие собиратели и коллекторы были глубже впадающей в них регулирующей сети не менее чем на 0,1-0,2 м. Глубину магистрального канала принимают больше глубины впадающих в него водотоков не менее чем на 0,3 м.

На осушаемом участке с закрытой сетью коллекторы с магистральным каналом сопрягаются через устье. Дно устья коллектора располагается выше расчетного бытового уровня воды в канале не менее чем на 20-30 см. Минимальное расстояние от дна канала до устья должно составлять примерно 50 см (рисунок 2.14). Окончательная увязка этих элементов системы

проводится в результате гидравлического расчета канала с учетом пропуска расходов воды в требуемых отметках поперечного сечения [7].

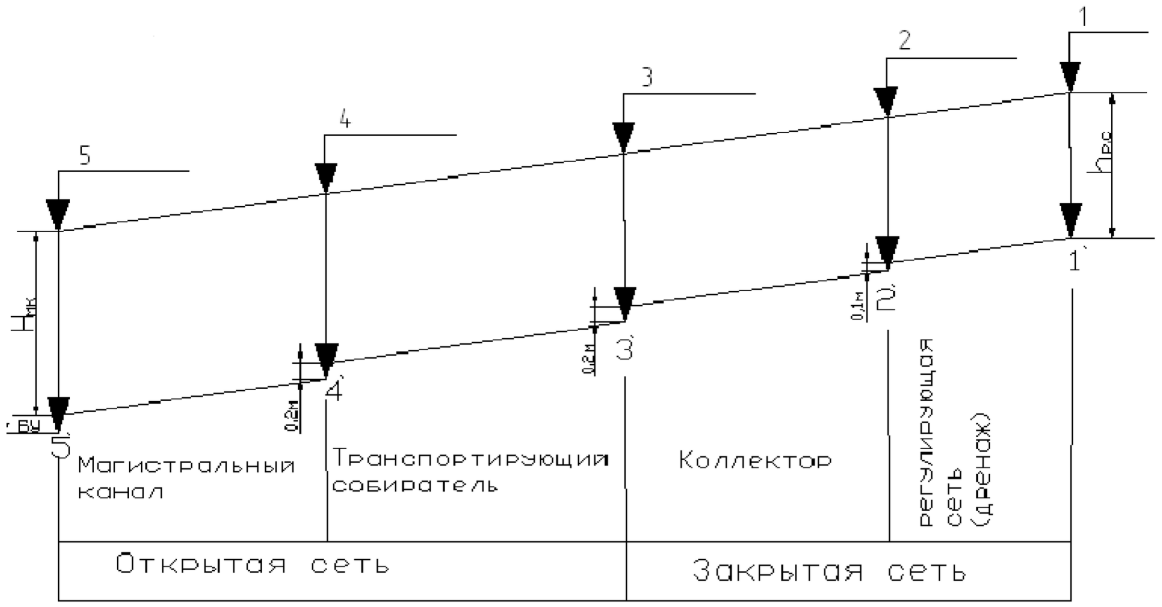


Рисунок 2.13 – Правила сопряжения элементов осушительной сети в вертикальной плоскости

Все эти условия обеспечивают бесподпорную работу водотоков и сброс воды с полей в расчетные сроки. Увязку водотоков в вертикальной плоскости проводят путем построения продольных профилей. Во всех случаях необходимо стремиться принять наименьшую глубину каналов: глубокие каналы оказывают большее влияние на прилегающие территории, понижая на них уровень грунтовых вод. Минимальный уклон дна каналов равен 0,0002-0,0003. Целесообразно, чтобы уклон дна был постоянным по всей длине каналов. Смена уклона с большего на меньший (от истока к устью) нежелательна, так как выносимые частицы грунта с верхней части будут откладываться в нижней и заилять канал. В этом отношении благоприятные условия для работы канала складываются, если уклон его дна увеличивается к устью.

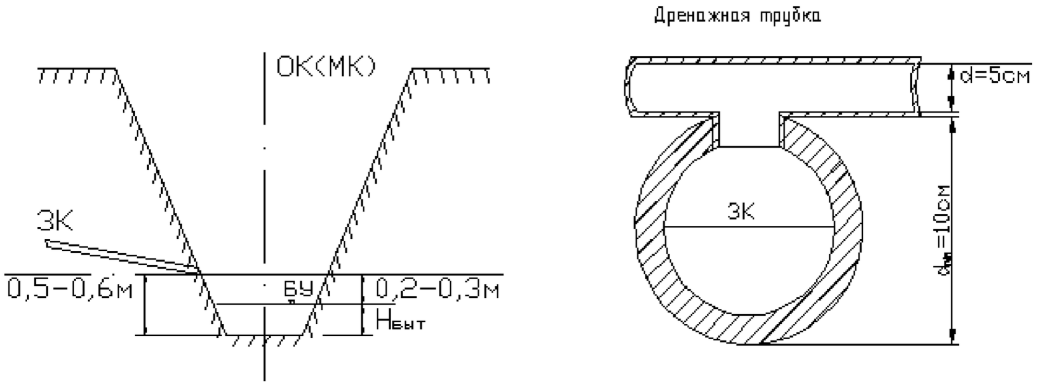


Рисунок 2.14 – Правила сопряжения элементов закрытой осушительной сети

Транспортирующие закрытые собиратели и коллекторы также прокладывают по пониженным местам. Их длина принимается равной 600-1000 м по возможности с двусторонним впуском регулирующей закрытой сети. Расстояние между проводящими водотоками зависит от выбранной схемы осушения земель и принятых длин дрен или закрытых собирателей. При плановом расположении нежелательно пересечение с дорогами и коммуникациями. Это требует дополнительных сооружений для обеспечения перехода коллекторов и транспортирующих собирателей через препятствия. В случае размещения закрытых собирателей и коллекторов в лощинах или других вытянутых понижениях их оси смещают на 15-20 см выше оси понижения. Делается это, чтобы предотвратить размыв засыпки водотоков и их повреждение. Они не должны пересекать западины с торфом, старую засыпанную сеть, а также другие места со слабым или насыпным грунтом со слоем больше глубины коллекторов и собирателей. В противном случае при просадке грунта трубы смещаются относительно друг друга, что приводит к заилению их полости и нарушению работы всей системы. Закрытая проводящая сеть должна быть прямолинейной, а при поворотах внутренний угол не должен быть менее 120°. Ее устраивают из керамических труб с внутренним диаметром 75-200 мм. Для строительства больших закрытых систем площадью 100 га и более можно применять железобетонные и бетонные трубы диаметром 600-1200 мм.

Глубину коллекторов принимают больше глубины впадающих в них дрен или закрытых собирателей на величину наружного диаметра. При построении продольных профилей разницы в глубинах ориентировочно составляют 10см. Минимальные уклоны коллекторов и транспортирующих собирателей 0,0015-0,0020. Они обеспечивают необходимый режим работы закрытой сети в расчетные периоды.

Длина оградительной сети различная. Зависит она от рельефа местности, интенсивности водного питания, наличия в воде твердых взвесей. При необходимости ее обосновывают технико-экономическими расчетами.

Нагорные каналы проектируют с минимально допустимым уклоном 0,0002-0,0003. Поперечное сечение делают несимметричным, в связи с поступлением поверхностных вод по верховому откосу. Коэффициент заложения низового откоса m_1 принимают в зависимости от глубины канала h и слагающих грунтов по таблицам, приведенным в справочной литературе [7, 14], а коэффициент заложения верхового откоса m_2 = (3-4) m_1. Ширина по дну зависит от размеров рабочего органа землеройной машины и, как правило, принимается не менее 0,4 м. Глубина каналов – 1-1,5 м, но не менее глубины регулирующей сети.

Грунт при выемке размещают на низовую сторону. Если он не вмещается на одной стороне, укладывают по обе стороны. С верховой стороны после разравнивания кавальеров предусматривают воронки для сброса поверхностной воды в нагорный канал.

Если трасса нагорной сети проходит по обрабатываемым землям, вместо нагорного канала необходимо устраивать закрытые собиратели с

хорошо водопроницаемой траншейной засыпкой. Уклон собирателей 0,001-0,003.

Ловчие каналы (дрены) располагают в зоне выклинивания грунтовых вод, при грунтово-напорном водном питании – вдоль линии наибольших пьезометрических напоров. При осушении болот ловчую сеть размещают вдоль границы торфяной залежи. Чтобы повысить эффективность перехвата грунтовых вод, ловчие каналы проектируют глубиной 2-3 м с обязательным заглублением дна в водопроницаемую подпочву на глубину не менее 0,5 м. Если водоносный пласт мощный, для разгрузки грунтовых вод можно применить самоизливающиеся трубчатые колодцы, устанавливаемые через 20-40 м.

В хорошо разложившихся торфах, иловатых грунтах форма поперечного сечения ловчего канала параболическая. Остальные условия и параметры ловчих каналов такие же, как и для нагорной сети.

Минимальный уклон ловчих дрен 0,002-0,003, диаметр устанавливается гидравлическими расчетами.

Когда с водосбора поступают и поверхностные и грунтовые воды, а также если водосбор облесен, залужен и сложен легкими грунтами, то функции нагорного и ловчего канала можно совместить в *нагорно-ловчем канале*. Поперечное сечение нагорно-ловчего канала аналогично поперечному сечению нагорного канала.

Расположение в плане элементов ограждающей сети зависит только от рельефа местности. Трассы ограждающих каналов проводят вдоль верхней границы осушаемой территории, под острым углом или параллельно горизонталям. Трассы ограждающих каналов могут быть непрерывными, прерывистыми и V-образные. Прерывистые каналы лучше вписываются в рельеф, объем земляных работ при их устройстве меньше чем при устройстве непрерывных каналов. Однако короткие прерывистые каналы транспортируют больше наносов в магистральный канал. V-образные каналы применяются при сосредоточенном притоке с водосбора (рисунок 2.15).

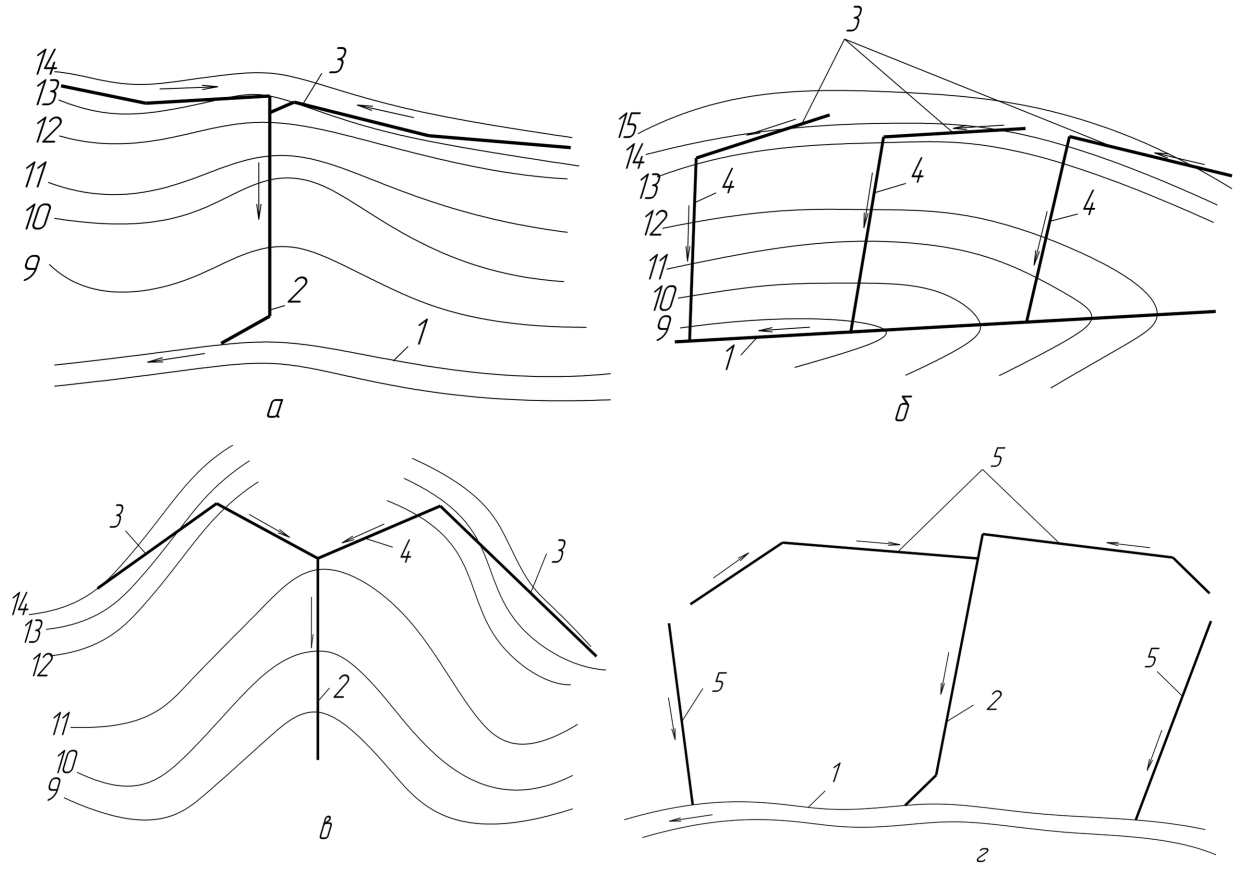


Рисунок 2.15 – Схемы расположения ограждающих каналов в плане
а – непрерывные каналы; *б* – прерывистые каналы; *в* – Y-образная схема;
г – пограничные каналы; 1 – водоприемник; 2 – магистральный канал;
3 – нагорные (ловчие) каналы; 4 – сбросная часть нагорного (ловчего) канала;
5 – пограничные нагорные (ловчие) каналы

2.7.3 Гидрологический расчет осушительной сети

При проектировании осушительных систем гидрологические расчеты необходимы для определения расчетных расходов проводящих разгрузочных и нагорных каналов, а также рек-водоприемников в створах впадения основных притоков.

Расчеты выполняют в зависимости от сельскохозяйственного использования осушаемых земель на расходы весеннего половодья, предпосевные, летне-осенних паводков и среднемеженные, или бытовые (таблица 2.9) [8].

По максимальным расходам определяют размеры поперечных сечений каналов, по расходам меженного периода как наиболее продолжительного по времени проверяют работу сети и вертикальное сопряжение элементов.

Расчетные расходы воды в каналах определяют по модулю стока и площади водосбора рассматриваемого створа. Расчетные створы на осушительном канале назначают в устье канала и по участкам с учетом увеличения расхода.

Таблица 2.9 – Расчетные периоды года

Использование осушаемых земель	Расчетный период	
	основной	поверочный
Полевые севообороты без озимых культур, овощные севообороты	Максимальный летне-осенний паводковый	Предпосевной, бытовой
Полевые севообороты с озимыми культурами	Максимальный весенний паводковый	Летне-осенний паводковый, бытовой
Кормовые севообороты	Предпосевной	Предпосевной
Пастбища	»	»

Модулем стока называют расход воды с единицы площади водосбора. Его измеряют в кубометрах в секунду на 1 км^2, литрах в секунду на 1 га. Так как по годам сток сильно изменяется, при проектировании осушительной сети необходимо обоснование расчетной обеспеченности осушения. Расчетной обеспеченностью осушения называют вероятность превышения расчетных расходов. Ее принимают на основании технико-экономического сравнения вариантов проекта осушительной системы для лет различной обеспеченности. Для небольших (до 2 тыс. га) площадей осушения сельскохозяйственных земель расчетная обеспеченность осушения может быть принята по рекомендациям: например, для полевых севооборотов, сенокосов – 10%, для овощных и кормовых севооборотов, многолетних насаждений – 5, для лугов и пастбищ – 15-25% [3].

Наиболее точное значение модулей стока можно получить по многолетним наблюдениям с использованием математической статистики. При отсутствии таких данных модули стока вычисляют по региональным зависимостям, полученным для определенных районов, сходных по гидрологическим, климатическим и другим показателям. Кроме того, эти величины можно определить по эмпирическим зависимостям [16, 23].

Расходы меженного периода имеют наибольшую повторяемость. Они формируются преимущественно за счет поступления в каналы грунтовых вод. Модуль стока для меженного периода обычно изменяется от 0,02-0,05 л/(с·га) на минеральных землях до 0,03-0,07 л/(с·га) на заболоченных землях.

Гидрологический режим закрытой проводящей сети отличается от режима открытой сети. В закрытую сеть вода поступает из дрен или собирателей. Количество воды в данном случае будет зависеть от типа водного питания и водно-физических свойств грунтов (водопроницаемость, водоотдача), а также параметров регулирующей сети (расстояние, глубина, конструкция и др.). В связи с этим во все периоды работы системы количество воды, поступающее в закрытую сеть, значительно меньше объема воды, собираемой открытыми каналами.

Гидрологический режим закрытой проводящей сети характеризуется модулем дренажного (внутреннего) стока, формирующегося за счет грунтовых (или просочившихся поверхностных) вод. *Модулем дренажного*

(внутреннего) стока называется количество грунтовой воды, которое стекает с единицы площади в единицу времени. Модуль дренажного (внутреннего) стока зависит от расстояния между дренами или собирателями, почвенно-климатических условий, типа водного питания и других факторов.

В гидрологические расчеты закрытой проводящей сети входят: выбор (определение) расчетного периода, установление расчетной обеспеченности и определение модулей дренажного стока. Зная модуль дренажного стока, находят расчетный расход.

Расчетным периодом обычно принимается тот, на который рассчитывалась регулирующая сеть. Чаще всего этим периодом является весенний, когда в регулирующую закрытую сеть поступает максимальное количество воды. В период работы закрытой сети модули стока не остаются постоянными, а изменяются в зависимости от указанных факторов. В весенний период максимальный сток наблюдается непродолжительное время. Использовать в расчетах абсолютный максимум нецелесообразно, так как это приведет к необоснованно большим диаметрам закрытой проводящей сети и, следовательно, увеличению стоимости мелиоративной системы. Поэтому предполагают, что весной проводящая сеть непродолжительное время (2-7 суток) будет работать с перегрузкой, без последующего отрицательного влияния на развитие сельскохозяйственных культур и их урожаи.

Модуль подземного стока можно определять по фактическим наблюдениям, по балансовым расчетам, по эмпирическим зависимостям. Обобщенные значения модулей подземного стока различных грунтов для европейской части Нечерноземной зоны России приведены в таблице 2.10 [3].

Для закрытых собирателей модуль стока обычно принимают 0,3-3 л/(с·га), так как на режим их работы оказывает влияние поступление поверхностных вод. Зная модуль стока, можно определить расчетный расход

$$Q_Д = q_Д \cdot F_Д \qquad (2.4)$$

где $q_Д$ – модуль дренажного или внутреннего стока, л/(с·га);

$F_Д$ – водосборная площадь относительно рассматриваемого сечения закрытого проводящего водотока, га.

Таблица 2.10 - Модули дренажного стока для европейской части Нечерноземной зоны России

Грунт	Модуль стока, л/(с·га)
Минеральный:	
тяжелый	0,3-0,4
средний	0,5-0,6
легкий	0,6-0,7
Торф при степени разложения:	
слабой	0,5-0,6
средней	0,4-0,5
хорошей	0,3-0,4

При больших площадях мелиорируемых участков общий расчетный расход будет состоять из расхода поверхностных вод $Q_р^п$ и расхода вод дренажного, или внутреннего, стока $Q_Д$

$$Q = Q_р^п + Q_Д \quad (2.5)$$

В случаях, когда величина расхода дренажных вод по сравнению с расходом поверхностных вод незначительна, в дальнейших расчетах дренажным стоком пренебрегают. Он используется только для расчета параметров закрытой проводящей сети.

2.7.4 Гидравлический расчет проводящей и оградительной сети

Рассчитывают открытую проводящую и оградительную сеть, если водосборная площадь относительно рассматриваемого сечения составляет 5 км^2 и более. При меньших площадях водосбора параметры каналов устанавливают конструктивно вследствие построения продольных профилей этих водотоков. Каналы рассчитывают в устье, в замыкающем створе осушаемого массива, у гидротехнических сооружений, при перемене параметров водотоков (ширины, глубины, уклона и т. д.), на поворотах, выше и ниже впадающих в проводящую и оградительную сеть других каналов. На бесприточных участках каналы рассчитывают в сечениях, где площадь водосбора по сравнению с предыдущими сечениями различается на 10 км^2.

Основная задача гидравлического расчета открытых каналов – проверка предварительно принятых параметров поперечного и продольного их сечений: сможет ли данное сечение водотока пропустить расчетные расходы в пределах предъявляемых к ним требований. Однако на больших водотоках по расчетным расходам находят один из параметров канала по известным другим (например, глубину при известной ширине, уклоне и коэффициенте заложения откосов и т. д.). Вторая задача гидравлического расчета – установление экстремальных скоростей движения воды в каналах и сопоставление их с допустимыми на размыв и заиление.

Гидравлический расчет каналов проводят в такой последовательности. По расчетному расходу относительно рассматриваемого сечения определяют глубины $h_ф$ воды в канале в расчетные периоды. Эти глубины сопоставляют с допустимыми $h_р$, и наносят на продольный профиль, чтобы анализировать наполнение каналов водой в разных сечениях. Глубина воды в канале должна быть меньше расчетной, т. е. $h_ф \leq h_р$. Затем вычисляют скорость движения воды. Скорость движения воды при максимальном стоке не должна превышать максимальную на размыв (таблица 2.11).

Если полученная в расчетах скорость движения воды превышает максимально допустимую, параметры канала изменяют так, чтобы скорость была в необходимых интервалах. Если условия рельефа или другие причины не позволяют сделать этого, прибегают к креплению русла канала. Тип крепления подбирают по таблице 2.12.

Таблица 2.11 – Средние допустимые максимальные скорости, не вызывающие размыва русла канала

Грунт	Допустимые скорости, м/с
Глина	0,75-1,25
Суглинок:	
тяжелый	0,70-1,20
средний	0,65-1,00
легкий	0,60-0,90
Супесь	0,40-0,60
Песок:	
крупный	0,60-0,75
средний	0,40-0,60
мелкий	0,25
Торф:	
сфагновый малоразложившийся	1,20-1,50
сфагновый разложившийся	0,50-0,80
древесный	0,30-0,50

Таблица 2.12 – Допустимые неразмывающие средние скорости потока для закрепленных русл

Вид крепления	Допустимая скорость, м/с
Бетонная одежда	9,6-26,1
Одежда из каменной кладки	4,3-11,6
Каменная наброска в плетневой клетке	3,0-4,4
Мощение одиночное на слое щебня толщиной 10-15 см	2,4-4,9
Одерновка плашмя (на плотном основании)	0,9-1,4
Одерновка в стену	1,5-2,2
Хворостяные выстилки и хворостяные покрывала на плотном основании	2,0-2,5
Деревянные лотки гладкие	8,0-14,0

Минимальные допустимые незаиляющие скорости движения воды в канале принимают равными 0,2-0,3 м/с.

Максимальные и минимальные уклоны для соответствующих скоростей находят по зависимостям

$$i_{min} = V^2_{min} / C^2 \cdot R \quad \text{и} \quad i_{max} = V^2_{max} / C^2 \cdot R$$

Для расчета открытых каналов можно использовать и номограммы, которые имеются в справочной литературе [10].

По длине закрытого коллектора через определенные расстояния к нему подсоединяют дрены или собиратели. Из каждого такого водотока в коллектор поступает вода. В верховье коллектора количество поступающей воды будет минимальным. По мере приближения к устью объем воды увеличивается и достигает максимума в месте сопряжения его с магистральным каналом или другим водотоком.

Для пропуска воды необходимы определенные размеры коллектора, которые также должны возрастать от истока к устью коллектора. Следовательно, основная задача гидравлического расчета коллекторов – определение размеров его поперечного сечения (диаметра), а также точек перехода одного диаметра на другой. Иными словами, необходимо установить длины участков коллекторов с одинаковым диаметром, который пропускал бы расчетный расход относительно сечения, где рассчитывается коллектор. Рассчитывают коллектор от устья или от истока, если известен начальный диаметр.

При расчете коллектора из керамических труб от устья сначала определяют водосборную площадь F_1, с которой поступают грунтовые воды. По формуле (2.4) находят расчетный расход. Из формулы Шези $Q_Д = W_1 \cdot C_1 \sqrt{R_1 i}$ определяют диаметр d_1 коллектора в устье и округляют его в большую сторону до стандартного размера. Далее принимают стандартный диаметр d_2 коллектора на ступень ниже полученного по расчету. Пропускная способность диаметра d_2, найденная по формуле Шези, приравнивается к расходу, вычисленному по формуле (2.5), т.е. $q_Д \cdot F_2 = W_2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{R_2 \cdot i}$. Отсюда легко рассчитать водосборную площадь (в м^2), воду с которой может пропустить диаметр d_2 коллектора, т. е. $F_2 = Q_Д / q_Д$. $F_2 = l_2 L$ (где l_2 - длина водосборной площади F_2 участка коллектора с диаметром d_2, м; L - средняя ширина водосборной площади коллектора, м). Из приведенной формулы длина коллектора l_2 будет F_2 / L. Тогда длина отрезка коллектора с диаметром d_1 составит разность между l_1 и l_2, или $l_{d1} = l_1 - l_2$.

Затем переходят к следующему сечению и для него проделывают такие же расчеты, как и для предыдущего сечения, но с диаметром d_3 на ступень ниже диаметра d_2. Отрезок коллектора с диаметром d_2, будет равен $l_{d2} = l_2 - l_3$. Такие операции проделывают до истока коллектора.

Необходимо также установить скорости движения воды в закрытом водотоке при расчетных расходах и найденном диаметре. Гидравлический расчет коллекторов можно производить по таблицам или номограммам. Коллекторы из пластмассовых труб можно рассчитывать по формулам А. И. Мурашко [10].

Параметры закрытых линий должны быть такими, чтобы в них обеспечивались незаиляющие скорости и самопромывка труб от наносов. Песчаные и пылеватые частицы выносятся из труб при скорости воды 0,25-0,30 м/с. Если отсутствует опасность механического заиления, скорость воды может быть принята не менее 0,2 м/с. При наличии в грунтовых водах более 5 мг/л закисного железа скорость воды в трубах должна быть не менее 0,35 м/с. Максимальные скорости при расчетных расходах в керамических трубах принимают не более 1,2 м/с, в пластмассовых – 1,5-2 м/с.

В процессе работы каналы могут потерять устойчивость. Это оползание грунтов, осадка торфа, размыв и заиление, зарастание, деформация во время строительства и эксплуатации мелиоративной сети. Чтобы предотвратить оползание грунтов, для крупных проводящих каналов и водо-

приемников необходимо предусматривать устойчивые формы поперечных сечений: параболические, с переменными коэффициентами заложения откосов, трапецеидально-параболические (водосборная площадь более 50 км^2).

При проектировании каналов в торфяных грунтах прогнозируют возможные изменения их форм вследствие осадки торфа. Осадку определяют по различным зависимостям [2, 17]. Поправку на осадку торфа учитывают при расчете глубины каналов.

Во избежание размыва и заиления уклон дна каналов не должен превышать значения, при котором начинается размыв русла. Чтобы предупредить зарастание, минимальную скорость движения воды принимают не менее 0,2 м.

В процессе строительства каналов в водонасыщенных грунтах профиль по глубине выполняют в несколько этапов. Такая технология уровень грунтовых вод снижает постепенно, что уменьшает скорость фильтрации, когда они выходят на откос канала.

2.8 Водоприемники осушительных систем

Водоприемник предназначен для сбора всей воды, поступающей из проводящей сети. Водоприемниками могут быть реки, озера, водохранилища, моря, балки, овраги. В благоприятных отдельных случаях в качестве водоприемника можно использовать хорошо водопроницаемые подстилающие слои, способные к водопоглощению.

К водоприемникам предъявляются следующие основные требования. Уровень воды в водоприемнике в бытовой период должен быть ниже или на одном уровне с бытовым стоком во впадающих водотоках. Подпор впадающей сети в этот период не допускается. В противном случае ухудшаются условия работы каналов, коллекторов, снижаются скорости движения воды и, следовательно, возникает опасность заиления устьевой части проводящих водотоков и уменьшения их глубины. Поэтому в предпосевной и летне-осенний периоды расходы воды в водоприемнике должны проходить при уровнях на 20-30 см ниже уровней воды в проводящей сети. В летне-осенний период не допускается выход воды из водоприемника на осушаемые земли. В весенний период затопление водами водоприемника возможно, но продолжительность его не должна превышать допустимые сроки для культур, которые намечают к посеву. В месте сопряжения магистральных каналов или коллекторов водоприемник должен иметь устойчивое русло.

Различают следующие причины неудовлетворительного состояния рек-водоприемников, которые препятствуют сбросу воды с осушаемой территории без проведения дополнительных работ: недостаточные размеры поперечного сечения (переходы широких мест к узким и наоборот), незначительные уклоны и большая шероховатость русла, обвалы берегов, заносы водотока. При недостаточных размерах сечения водоприемник не пропускает расчетные расходы воды, поступающие из проводящей сети.

Извилистость рек снижает их уклоны. Незначительные уклоны, а также большая шероховатость, вызванная зарастанием и обвалами, уменьшают скорости движения и пропускную способность русла водоприемника.

Кроме этих причин, на снижение пропускной способности водоприемника и увеличение глубины в нем влияют искусственные подпорные сооружения (гидроэлектростанции, шлюзы), а также недостаточные размеры сооружений на водотоках (мосты, трубы-переезды и т. д.). Подпор воды в водоприемнике распространяется на прилегающие территории и поднимает уровень грунтовых вод.

В практике мелиорации земель в качестве водоприемника чаще всего используют реки. Метод регулирования рек-водоприемников зависит от причины, вызывающей их неудовлетворительное состояние. Основные виды работ по регулированию водоприемников – это уширение или спрямление русла, расчистка и углубление его, выправительные работы в русле (рисунок 2.16) [4, 10].

Самым простым способом увеличения поперечных размеров реки-водоприемника является *уширение.* Однако такой способ не всегда применим, и пользоваться им необходимо осторожно. При уширении реки уклон ее остается прежним, а глубины в русле уменьшаются. Русло лучше прогревается солнечными лучами, следовательно, интенсивность зарастания увеличивается. В таких условиях шероховатость реки повышается, скорость движения воды и пропускная способность водоприемника снижаются. Поэтому через непродолжительное время вновь потребуется выполнение работ по удалению водной растительности и увеличению поперечного сечения русла.

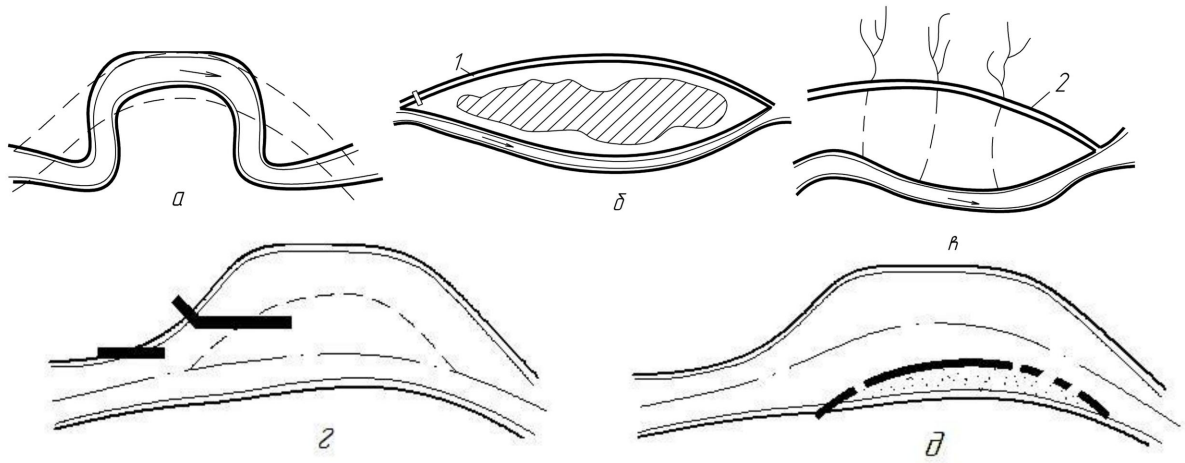


Рисунок 2.16 – Схемы регулирования водоприемников

а – спрямление русла; *б* – разгрузка водоприемника обводным каналом 1; *в* – разгрузка водоприемника перехватывающим каналом 2; *г, д* - расположение струенапрвляющих дамб (зечернены) при вогнутости одного (*г*) и двух берегов (*д*)

При сильной захламленности русла водоприемника наносами, обвалами, камнями, корчами и т.д. в некоторых случаях достаточно произвести только *расчистку* водоприемника. Удаление со дна посторонних предметов

снижает шероховатость русла и повышает скорость движения воды. Поэтому оставшийся прежним расход воды проходит с меньшими глубинами.

Увеличить пропускную способность реки-водоприемника можно *спрямлением русла* (рисунок 2.16, *а*). Равнинные реки, проходя в наносных отложениях или слабых грунтах, со временем приобретают в плане извилистую форму. Коэффициент извилистости (отношение длины реки между двумя точками, замеренной по руслу, к расстоянию между этими точками по прямой) рек, проходящих по заболоченным территориям, достигает 2-3. Кроме того, на поворотах возникают дополнительные сопротивления, которые вызывают подпор воды в русле. Поэтому уклон таких рек очень мал и скорости течения воды незначительны. Спрямление русла уменьшает его общую длину, шероховатость и потери напора, увеличивает уклон и скорость течения воды, понижает уровень воды. Русло спрямляют на участках реки с недостаточными уклонами и скоростями течения, при которых оно зарастает и заиляется (v<0,4 м/с).

Засыпка староречий, расширений рек производится грунтом, разработанным средствами механизации и гидромеханизации.

Если берега реки слабоустойчивые и вода подмывает их, прибегают к креплению водоприемника. Наиболее часто крепятся вогнутые берега как наиболее подмываемые.

При проектировании новой трассы водоприемника руководствуются следующими соображениями. Водоприемник трассируется примерно параллельно коренным берегам поймы в пониженных местах и в более глубокой залежи торфа. Радиусы закруглений для рек с расходом более 5 м^3/с можно приближенно определить по формулам А. Ф. Печкурова [4]

для поперечно-устойчивого русла, м

$$r_{min} = 45R\sqrt[3]{\hat{A}} - B; \quad (2.6)$$

для продольно-устойчивого русла, м

$$r_{min} = 100\ R^{1,5} \quad (2.7)$$

где R – гидравлический радиус, м;

B – ширина русла, м.

Форму поперечного сечения принимают: в слабоустойчивых грунтах и хорошо разложившихся торфах – параболическую; в устойчивых минеральных грунтах и слаборазложившихся торфяниках – трапецеидальную; в многослойных грунтах (сверху устойчивые, снизу слабоустойчивые) – комбинированную.

Понижение уровня воды в водоприемнике в период паводка достигается устройством разгрузочных обводных или перехватывающих каналов. *Обводной канал* (рисунок 2.16, *б*) забирает часть паводкового расхода выше неблагоприятного участка, обходит его и снова впадает в водоприемник ниже разгружаемого участка. *Перехватывающий канал* (рисунок 2.16, *в*) перехватывает воду притоков реки и сбрасывает ее на том участке реки, где она имеет достаточное поперечное сечение и продольный уклон.

Выправительные работы в русле выполняют для того, чтобы придать ему правильную форму, создать и поддержать одинаковую ширину его. В нем устраивают *струенаправляющие дамбы* (рисунок 2.16, *г, д*), запруды и полузапруды для выправления динамической оси потока, а также водостеснительные сооружения, сужающие расширенные участки русла. Выправительные сооружения проектируют, когда ширина существующего русла более чем в два раза превышает проектную.

При разработке мероприятий по регулированию водоприемника и проектировании нового необходимо учитывать возможное влияние их на прилегающие территории и изменение водного режима в реке. Если река проходит в хорошо водопроницаемых грунтах, после ее регулирования усиливается приток грунтовой воды. Это вызывает понижение уровня воды на повышенных местах и может привести к переосушению почв.

В случае сброса избыточной воды с осушаемой территории за непродолжительное время на ниже расположенных участках может быть длительное затопление земель, что отрицательно скажется на полевых работах и развитии сельскохозяйственных культур. Поэтому к регулированию рек необходимо подходить комплексно с учетом интересов не только мелиорации земель, но и отраслей народного хозяйства, заинтересованных в регулировании рек и использовании их вод.

2.9 Мелиорация пойм и затопляемых низменностей

2.9.1 Задачи и методы мелиорации пойм

Поймой называется периодически затопляемая паводковыми водами пониженная часть долины реки. Воды весенних паводков выносят на пойму большое количество питательных веществ. Поэтому поймы являются ценными сельскохозяйственными угодьями, на которых получают корма для животноводства. Однако в силу ряда причин зачастую пойменные земли находятся в неудовлетворительном состоянии и их трудно использовать в сельском хозяйстве. Нередко пойменные земли затапливаются на длительные сроки, что затрудняет проведение полевых работ на них. Кроме того, многие пойменные территории заболочены. Иногда пойменные земли заносятся песчаными наносами и крупнопылеватыми речными отложениями и плодородие их снижается. Рельеф становится волнистым, появляются повышения и понижения с неравномерным и неустойчивым водным режимом. Поэтому мелиорация таких земель с целью поддержания на них нужного для сельскохозяйственных культур водного режима имеет большое значение.

При мелиорации пойм должны быть решены следующие основные задачи:

1) упорядочить длительность и равномерность затопления;

2) отрегулировать поступление наносов в количественном и качественном отношениях, следовательно, поддерживать высокое плодородие почв;

3) после паводков должно быть обеспечено регулирование водного и питательного режимов в соответствии с требованиями растений.

Согласно этим задачам выбирают методы мелиорации пойм.

Водный режим на пойменных землях существенно изменяется во времени и пространстве. В отдельные годы поймы затапливаются на длительный период, в другие – слабо и непродолжительное время. Водный режим зависит от длительности затопления. Благоприятный водный режим на поймах складывается после схода воды. В засушливые периоды на пойменных землях растениям может не хватать влаги. Отсюда методы мелиорации пойм должны быть таковыми, при которых можно было бы и осушать эти земли и обеспечивать подачу воды к корням растений. Перед выбором метода мелиорации необходимо тщательно проанализировать типы водного питания и причины переувлажнения земель, оценить водность водоприемника как источника увлажнения. Целесообразно использовать и местный сток, воды которого собираются оградительной сетью, а также проводящими каналами и коллекторами. Если этой воды недостаточно, изыскивают другие пути обеспечения растений влагой.

Выделяют следующие основные методы мелиорации пойменных участков:

– регулирование продолжительности, глубины, сроков и площадей затопления весенними паводковыми водами;

– регулирование поступления на пойму количества и качества наносов с паводковыми водами для повышения плодородия пойменных почв;

– регулирование отвода послепаводковых вод и атмосферных осадков из понижений;

– регулирование понижения уровня грунтовых и грунтово-напорных вод;

– регулирование поступления делювиальных вод с водосбора; защита пойменных земель от подтопления;

– увлажнение пойменных земель в засушливые периоды;

– перераспределение стока воды с водосбора на пойму путем гидро-, культур-, агротехнических, агролесомелиоративных мероприятий;

– переброска воды для увлажнения земель из рек, озер другого бассейна; создание водохранилищ на реках и притоках.

Продолжительность затопления пойм можно упорядочить регулированием рек-водоприемников или защитой территории путем обвалования. Для уменьшения притока воды со смежных территорий поймы ограждают нагорными или ловчими каналами. Чтобы удалить избытки поверхностной или грунтовой воды с земель поймы, устраивают системы закрытых или открытых дрен и собирателей. Поверхностные воды из микропонижений удаляют с помощью собирателей, колодцев-поглотителей, системой агромелиоративных мероприятий. Расчет регулирующей сети в данном случае

аналогичен расчету сети на внепойменных землях. Сброс воды с осушаемой территории должен обеспечиваться по возможности самотеком.

Если регулирование реки нецелесообразно или положение водоприемника выше положения поймы, устраивают дамбы обвалования или применяют польдерную систему осушения. Однако и на польдерах предусматривают комплекс мероприятий (в том числе регулирование рек-водоприемников), который обеспечивает требуемый водный режим на поймах.

2.9.2 Польдерные системы осушения

Польдером называется участок территории, который в определенные периоды года ограждается от затопления специальными дамбами, а удаление избыточной воды на нем осуществляется путем механического подъема. Польдерные системы осушения применяют на поймах рек, в зонах, где строят крупные водохранилища, и большие территории пойм могут попасть в зону затопления. Чтобы избежать образования мелководий и увеличить площади сельскохозяйственных угодий, вдоль отдельных участков береговой линии возводят также дамбы. Кроме общих элементов осушительной системы, польдер имеет насосную станцию и дамбы обвалования (рисунок 2.17) [4].

Польдеры подразделяют на зимние (незатопляемые) и летние (затопляемые). *Зимние польдеры* не затапливаются в течение всего года. Их устраивают на территориях, на которых от затопления необходимо защитить населенные пункты или выращивают ценные сельскохозяйственные культуры, не выдерживающие длительного затопления. Зимние польдеры создают также для предупреждения образования мелководных зон и с другими целями.

Летние польдеры могут затапливаться в течение прохождения весеннего паводка, в летний период они не затапливаются. В отличие от зимних на летние польдеры весной вместе с водой могут попадать питательные вещества, что повышает плодородие почвы. К тому же на летнем польдере влияние на водный режим реки-водоприемника меньше, чем на зимних.

Однако оба типа польдера имеют недостатки. Дамбы стесняют водный поток, и при прохождении воды между ними могут быть большие скорости, при которых насыпи разрушаются. Вследствие этого сжатия на участках выше польдера образуются подпоры воды, увеличиваются глубины, уменьшаются скорости. А это способствует заилению верхней части поймы, что потребует в дальнейшем наращивания дамб.

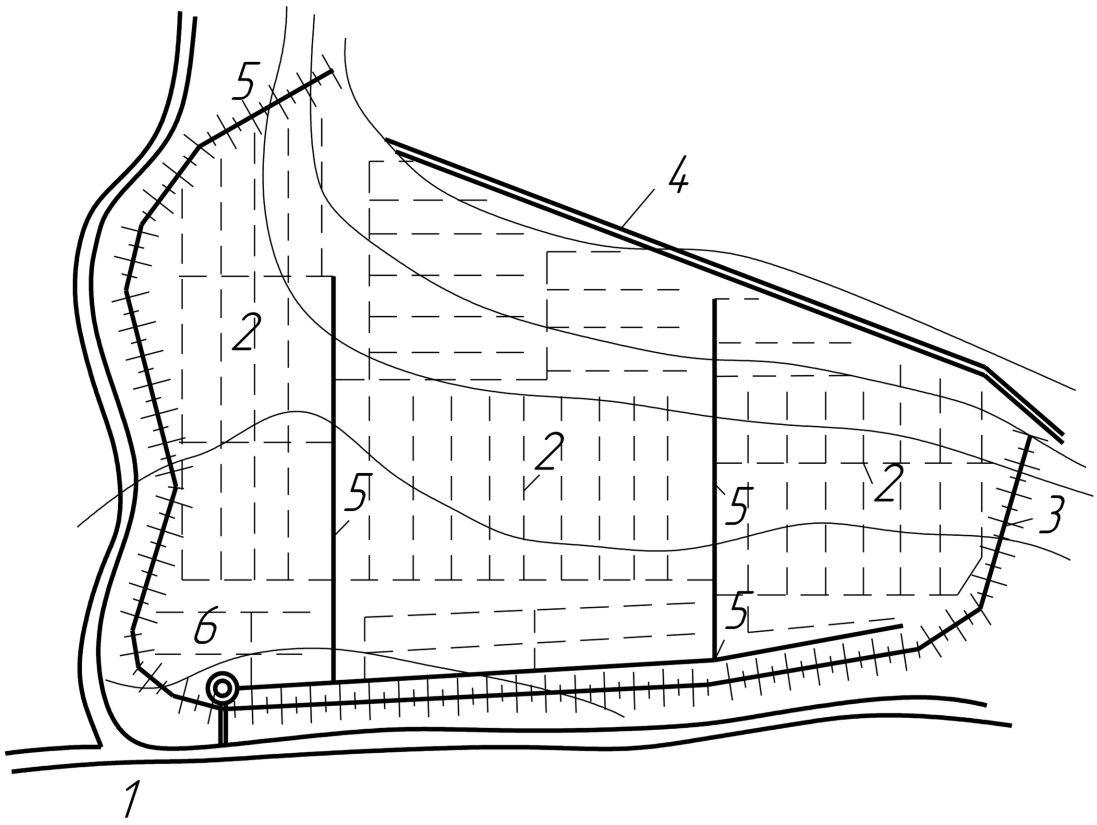


Рисунок 2.17 – Польдерная система осушения

1 – водоприемник; 2 – закрытая осушительная сеть; 3 – дамбы обвалования; 4 – нагорный канал; 5 – магистральные каналы; 6 – насосная станция.

При обваловании рек дамбы проектируют по направлению течения паводковых вод. Для уменьшения объема земляных работ используют повышения местности, а участки со слабоустойчивыми грунтами обходят. На плане дамбы проектируют прямолинейными с плавными закруглениями на поворотах. Защитные дамбы бывают односторонние, двусторонние и кольцевые. Односторонние применяют для защиты морских низменностей и ликвидации мелководий у водохранилищ. Двусторонние дамбы защищают пойму от затопления с обеих сторон реки. Они проектируются параллельно одна другой.

Расстояние между двусторонними дамбами зависит от продолжительности допускаемого затопления обвалованной территории, минимальной высоты дамб, площади земли, теряемой при обваловании, расчетного расхода воды в реке, глубины воды на пойме до и после обвалования, коэффициента шероховатости русла.

А. Н. Костяков рекомендует расстояние между дамбами определять по формуле

$$h = T - t = t\,[(Cb / C_1B)^{2/3} - 1], \qquad (2.8)$$

где h - величина подпора воды в реке, м;

T - глубина воды над поймой после обвалования, м;

t - глубина воды над поймой до обваловывания, м;

C и C_1 - скоростные коэффициенты;

b - ширина затопления поймы, м;

B - расстояние между дамбами, м.

Значения *t* и *b* должны быть известны. Зная подпор *h,* можно по формуле определить расстояние между дамбами обвалования *B* или, задаваясь величиной *B,* вычислить *h.*

Кольцевые дамбы устраивают по всему периметру защищаемого от затопления участка поймы. Они имеют трапецеидальное поперечное сечение.

Схема польдеров зависит от многих факторов. Основными из них являются размеры осушаемой территории, количество поверхностных и грунтовых вод, поступающих с водосбора. Поэтому при выборе места расположения насосной станции сеть необходимо проектировать так, чтобы больший объем избыточных вод сбрасывался самотеком, наименьший – с помощью механического подъема. Это достигается устройством оградительной сети и регулированием стока воды выше польдерных участков. Собранную воду используют для увлажнения земель в засушливые периоды года.

Количество насосных станций определяется требуемым режимом осушения земель, составом культур в севообороте, объемом откачиваемой воды. С экономической точки зрения целесообразно проектировать одну насосную станцию. Однако для лучшего осушения земель предусматривают две и более насосные станции. При этом уменьшаются протяженность и размеры осушительных каналов. Насосные станции сооружают в самом низком месте осушаемого массива. Для выбора оптимального варианта их расположения и количества проводят технико-экономические обоснования.

На протяжении года объем воды, который требуется удалить насосными станциями, весьма неравномерен. Поэтому нагрузка на насосы в течение года неодинаковая. Наибольшее количество воды поступает к насосной станции в весенний период во время снеготаяния. На зимних польдерах водный режим слагается из следующих составляющих: вод снеготаяния, атмосферных осадков, грунтовых вод с обвалованной территории. В формировании водного режима участвуют также испарение и транспирация. На летние польдеры, кроме того, поступают паводковые воды из реки.

Максимальный расчетный сток, поступающий к насосной станции, продолжается недолго. Остальное время года он бывает значительно меньше расчетного. Если по максимальному расходу подобрать один насос, то в летний период он работал бы нерационально или потребовалось бы устройство регулирующего резервуара значительной емкости. Большее количество насосных агрегатов выравнивает работу насосной станции. В весенний период на ней будут работать все насосы, а летом в зависимости от притока воды – один или два. Остальные насосы проходят профилактический осмотр или ремонтируются. Летом или осенью во время дождей приток воды возрастает и в работу может дополнительно включаться необходимое количество насосов. Однако при увеличении количества насосов повышаются капиталовложения и усложняется эксплуатация насосной

станции. Поэтому выбор количества насосов обусловливается техническими, экономическими и эксплуатационными требованиями. Практически на польдерных насосных станциях устанавливают 2-5 и более насосов.

На летний польдер, кроме перечисленных расходов, поступают паводковые воды, затапливающие территорию участка. При снижении паводка, как только отметка уровня воды будет равна уровню отметки дамб обвалования, в работу включают насосные агрегаты. Они откачивают воду с обвалованной территории быстрее, чем понижается уровень воды между дамбами, тем самым обеспечивая необходимую степень осушения земель [9, 10].

2.9.3 Береговой дренаж и прогнозирование подъема грунтовых вод при подтоплении низинных территорий

Береговой дренаж необходим для защиты территории от подтопления грунтовыми водами вследствие их подъема в результате устройства водохранилищ или подпора уровня воды в водотоках. Его можно применять на необвалованных и обвалованных территориях.

Береговые дренажи выполняют в виде одной или двух линий горизонтальных дрен, открытых каналов, вертикальных скважин. На плане они трассируются прямолинейно примерно параллельно берегу водоема на расстоянии 50-300 м от уреза воды. Вода из берегового дренажа удаляется самотеком либо с помощью насосных станций.

В состав расчетов одиночной береговой дрены входят определение глубины ее заложения, расхода воды, поступающей к ней, диаметра дрены, расстояния, на которое распространяется ее осушительное влияние.

Глубина заложения береговой дрены зависит от гидрогеологических условий, требуемой глубины понижения уровня грунтовых вод, конструкции труб или скважин и других факторов.

При устройстве подпорных сооружений уровень грунтовых вод на прилегающих территориях повышается. В зону подтопления могут попасть сельскохозяйственные угодья, застроенные территории, леса и т.д. Подтопление снижает урожайность сельскохозяйственных культур или вызывает их гибель, уменьшает несущую способность грунта, а это угрожает разрушением зданий.

Поэтому при решении вопроса об устройстве подпорных сооружений необходимо установить, как повлияет подтопление на прилегающие территории, т.е. прогнозировать подъем грунтовых вод. Для расчета прогноза их подъема надо иметь топографический план защищаемой территории, гидрогеологические карты, знать водно-физические свойства грунтов [4].

2.10 Осушительно-увлажнительные системы

2.10.1 Методы и способы увлажнения осушаемых земель

Зона, в которой применяют осушительные мелиорации, характеризуется некоторыми особенностями. Одна из них – большое суммарное годовое количество атмосферных осадков. Однако вследствие неравномерности распределения внутри года в отдельные вегетационные периоды атмосферных осадков недостаточно для выращивания сельскохозяйственных культур. Иногда даже при достаточном суммарном количестве осадков за вегетационный период бывают краткосрочные засухи продолжительностью 10 и более суток, которые сказываются на урожаях сельскохозяйственных культур. В это время влагозапасы достигают минимальных размеров, уровни грунтовых вод опускаются на глубины, превышающие нормы осушения, подпитывание корневой системы растений от грунтовых вод становится незначительным. Например, в северо-западных районах России в течение года наблюдается 3-4 засушливых периода продолжительностью 5-10 суток, в центральных районах засушливые периоды по 10-20 суток повторяются в среднем раз в 2 года, а свыше 30 суток – 4 раза в 10 лет [3].

В таких условиях для восполнения недостающей растениям влаги требуется дополнительная подача воды в корнеобитаемый слой почвы.

Один из способов восполнения недостающей влаги в почве – устройство осушительно-увлажнительных систем. Под *осушительно-увлажнительной* понимается такая система, которая предназначена для удаления избытков воды во время переувлажнения земель и подачи влаги к корням растений в засушливые периоды. Основная задача ее – осушение, второстепенная – увлажнение земель. Поэтому осушительно-увлажнительную систему относят к одному из видов осушительных систем.

С помощью осушительно-увлажнительных систем увлажнение земель можно проводить распределением воды по поверхности почвы, а также восполнением запасов влаги подпочвенным путем. В последнее время широкое распространение получило дождевание.

Подпочвенное увлажнение осуществляют двумя методами. В первом случае грунтовые воды поднимают в корнеобитаемый слой, где они находятся непродолжительное время, после чего их вновь понижают. Во втором случае расчетный слой почвы увлажняется водой, которая поступает по капиллярам от грунтовых вод.

При подпочвенном увлажнении воду подают снизу с помощью специальных устройств и сооружений. Можно применять и комбинированный метод увлажнения, сочетающий различные методы, например подпочвенный и поверхностный.

Чтобы обеспечить эффективность регулирования водного режима, целесообразно совмещать отдельные элементы осушительно-увлажнительной системы. Например, регулирующую или проводящую сеть осушительной системы можно использовать для увлажнения земель,

если каким-либо путем воду направить не на удаление, а к корневой системе растений. Источником влаги для увлажнения земель может быть вода, накопленная в проводящей и оградительной сети, а также других емкостях, имеющихся на участке мелиорации. Однако для задержания и накопления воды необходимо создание специальных сооружений: шлюзов и колодцев-регуляторов, распределительных устройств и т. д.

2.10.2 Режим подпочвенного увлажнения осушаемых земель

При выращивании сельскохозяйственных культур влагозапасы в корнеобитаемом слое почвы в течение вегетационного периода должны поддерживаться в оптимальных пределах, т. е. между верхним и нижним пределами оптимальной влажности.

В состав расчета режима подпочвенного увлажнения входят определения разовых и сезонных норм увлажнения, количества, сроков и продолжительности увлажнения почвы. Расчет водного баланса, чтобы установить необходимость увлажнения земель и найти составляющие режима увлажнения, проводят по уравнению

$$W_к = W_н + \Delta W + P_ф + W_{гр} + Z - E \qquad (2.9)$$

где $W_к$ и $W_н$ - запас воды в расчетном слое почвы в конце и начале расчетных периодов, м^3/га;

ΔW - запас влаги в слое прироста корневой системы растений за расчетный период, м^3/га;

$P_ф$ - используемые атмосферные осадки, м^3/га;

$W_{гр}$ - подпитывание корнеобитаемого слоя почвы грунтовыми водами, м^3/га;

Z - конденсация водяных паров за расчетный период, м^3/га;

E - водопотребление культуры, м^3/га.

Водный баланс рассчитывают для засушливого, среднего и влажного года. За расчетный интервал принимают декаду.

Запасы влаги на начало первой декады вегетации определяют опытным путем. Для ориентировочных расчетов эту величину можно принять равной наименьшей влагоемкости. По зависимости (2.10) с учетом приходных и расходных характеристик водного баланса находят влагозапасы на конец расчетного периода (декады). Эти влагозапасы сопоставляют с оптимальными. В зависимости от соотношения компонентов водного баланса могут быть следующие характерные случаи:

1. W_K превышают влагозапасы при наименьшей влагоемкости. Очевидно, что вода заполняет поры в грунте и наблюдается избыток ее в расчетном слое почвы. Сброс избыточной влаги производится осушительной сетью. Величина (норма) сброса определится как разность между влагозапасами на конец периода и влагозапасами при наименьшей влагоемкости (НВ), т. е.

$$\Omega_{сб} = W_к - НВ$$

Влагозапасы на начало следующей декады принимают равными наименьшей влагоемкости, т. е. $W_к = НВ$.

2. Влагозапасы к концу декады находятся в оптимальных пределах, т. е. между наименьшей влагоемкостью и нижним оптимальным пределом увлажнения (НП), т. е.

$$НВ > W_К > НП$$

Очевидно, что мероприятия по регулированию водного режима не требуются, а влагозапасы на начало следующей декады принимаются равными влагозапасам, полученным на конец предыдущей декады.

3. Запас влаги к концу декады меньше нижнего предела оптимального увлажнения.

$$W_К < НП$$

Для нормального развития растений необходима дополнительная влага. Ее подают путем подъема уровня грунтовых вод или другими методами. Величину, на которую следует поднять уровень грунтовых вод, чтобы увеличить влагозапасы от полученных на конец декады до оптимальных (например, до наименьшей влагоемкости), можно определить по формуле

$$\Delta a = (\sqrt{\beta_2} - \sqrt{\beta_1}) (\sqrt{2bH_к}), \qquad (2.10)$$

где β_2 - влажность почвы, соответствующая влагозапасам после регулирования: максимальное ее значение принимается равным наименьшей влагоемкости, наименьшее - нижнему пределу оптимальной влажности, %;

β_1 - влажность почвы, соответствующая влагозапасам на конец расчетного периода, %;

b - расчетный слой почвы, м;

$Н_к$ - максимальная высота капиллярного поднятия, м

Для подъема уровня грунтовых вод на величину Δa потребуется количество воды, определяемое по зависимости, $м^3$ /га,

$$\Delta W_г = \Delta a (m - \omega_o), \qquad (2.11)$$

где m - пористость почвогрунта, %;

ω_o - влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости, %.

Из них на увеличение влажности в расчетном слое будет использовано, $м^3$ /га,

$$\Delta W_b = (\beta_2 - \beta_1) \cdot (m - \omega_o)\, b \qquad (2.12)$$

Значение ΔW_b - разовая норма увлажнения. Сезонную норму увлажнения получают суммированием разовых норм. Значение пористости почвы можно найти опытным путем или же принять из справочников.

Тогда влагозапасы после регулирования уровня грунтовых вод к концу декады составят $W_K = W_K + \Delta W_b$. Они опять сопоставляются с оптимальными влагозапасами.

Примерная методика расчета водного режима при регулировании влажности почв изменением уровня сводится к следующему. Задаются прогнозным уровнем грунтовых вод на мелиорируемом массиве по декадам с учетом прироста корневой системы растений. На конец каждой декады определяют влагозапасы и сопоставляют с оптимальными. Если требуется увлажнение, рассчитывают величину, на которую необходимо поднять уровень грунтовых вод, чтобы влагозапасы были оптимальными. Для этого находят необходимый объем воды, который прибавляют к влагозапасам на конец предыдущей декады. Затем опять прогнозируют понижение грунтовых вод и расчеты повторяют.

Количество и сроки увлажнений также определяют на основе расчета водного баланса. Однако сроки увлажнений допускается изменять с учетом специфики растений, фаз их развития. Для культур, высаживаемых рассадой, намечают посадочные поливы. Нормы таких увлажнений принимают минимальными. Вегетационные увлажнения приурочивают к периодам максимальной потребности растений в воде. В засушливом году капуста нуждается в увлажнении 3-7 раз, картофель 1-3 раза, корнеплоды и многолетние травы 2-4 раза. Продолжительность увлажнения должна быть не более 3-5 суток на торфах со средней водопроницаемостью и с наличием кротовых дрен. Торфяники с хорошей водопроницаемостью в тех же условиях должны быть увлажнены не более чем за 3 суток. При подпочвенном увлажнении из материальных дрен продолжительность увлажнения увеличивается в 1,5-2 раза [4].

2.10.3 Техника увлажнения осушаемых земель

На осушаемых землях для их увлажнения в засушливые периоды применяют шлюзование и дождевание. Под *шлюзованием* понимается увлажнение почвы за счет искусственного регулирования уровня грунтовых вод. При шлюзовании вода, собранная с местных водосборов подпорными сооружениями, задерживается в водотоках. Для ускорения процесса накопления воды и сокращения продолжительности увлажнения земель можно использовать естественные или искусственные водоемы (водотоки). Из них вода через специальные водоводы подается в регулирующую сеть осушительно-увлажнительной системы.

Различают увлажнительное и предупредительное шлюзование. Увлажнительное шлюзование применяют тогда, когда имеется гарантированный водоисточник или на мелиорируемом объекте достаточно воды и она может использоваться для увеличения влагозапасов расчетного слоя в требуемые сроки вегетационного периода. Предупредительное шлюзование применяют при недостатке воды в сети в вегетационный период. Поэтому после весеннего половодья затворы подпорных сооружений закрывают и

послепаводковый сток задерживают в каналах мелиоративной системы. В результате понижение уровня грунтовых вод замедляется, что препятствует быстрому уменьшению влагозапасов в почве.

При подпочвенном увлажнении на осушительно-увлажнительных системах применяют шлюзование одиночного канала, шлюзование сети открытых каналов, сети закрытых дрен, сети каналов или дрен с кротованием или другими агромелиоративными мероприятиями. В каждых конкретных гидрогеологических условиях выбирают наиболее эффективную осушительно-увлажнительную систему.

Шлюзование одиночных каналов проводят на ровных участках шириной 300-500 м. Оно эффективно на грунтах с коэффициентом фильтрации более 1,2-1,5 м/сут. Шлюзование одиночных каналов служит для увлажнения многолетних трав и естественных сенокосов на торфяно-болотных и легких почвах. Шлюзы на каналах строят так, чтобы уровни воды перед шлюзами находились на глубине 30-50 см.

На осушительно-увлажнительной системе, предназначенной для шлюзования сети открытых каналов, подпорные сооружения ставят так, чтобы уровни воды подпирались не только в проводящей, но и в регулирующей сети. Такие системы используют на почвах с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут, на участках с малыми уклонами и спокойным рельефом.

Хорошие результаты по равномерности увлажнения почв дает осушительно-увлажнительная система, в которой шлюзуются горизонтальные дрены. Такие системы устраивают на участках с водопроницаемостью почвогрунтов не менее 0,5 м/сут. Они позволяют провести увлажнение земель в течение 3-4 суток, а также быстрый сброс избыточной воды. Простейшей схемой осушительно-увлажнительной системы является задержание местного стока колодцем-регулятором в устье коллектора. Уклон поверхности участка должен быть не более 0,003, интенсивность грунтового или грунтово-напорного водного питания – более 0,6-1 мм/сут.

Повысить эффективность увлажнения земель можно путем подачи воды в истоки дрен-увлажнителей через специальные увлажнительные и распределительные коллекторы. Для этой схемы должен быть гарантированный водоисточник (рисунок 2.18).

Аналогичная конструкция осушительно-увлажнительной системы применима при уклонах участка до 0,004-0,005. Для оперативного регулирования водного режима на полях дренажные системы можно разбивать на участки, на каждом из которых регулируется водный режим. Площадь участка и количество дрен, обслуживающих этот участок, выбирают в зависимости от гидрогеологических условий, размеров полей севооборота, рельефа местности.

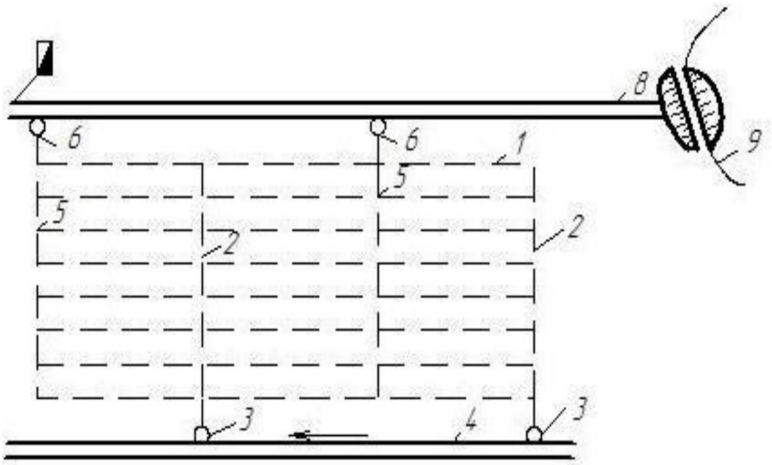


Рисунок 2.18 – Осушительно-увлажнительная система
с подачей воды в истоки дрен-увлажнителей
1 – дрены-увлажнители; 2 – коллектор; 3 – колодцы-регуляторы;
4 – магистральный канал; 5 – увлажнительный распределитель;
6 – водоприемные колодцы; 7 – шлюз-регулятор; 8 – подводящий канал; 9 – пруд

Если на участке избыток воды, задвижки на коллекторах необходимо открыть, а задвижки в водоприемных колодцах закрыть. Чтобы опорожнить подводящий канал, открывают затворы подпорного сооружения. В периоды восполнения недостающей влаги в корнеобитаемом слое почвы принимают меры по задержанию воды на полях и передаче ее к корням растений. Для этого закрывают задвижки в колодцах-регуляторах и открывают в водоприемных. Чтобы направить воду в увлажнительный распределительный колодец, следует перекрыть движение воды на подводящем канале и обеспечить наполнение водой из источника.

При разработке схемы осушительно-увлажнительной системы нужно предусматривать меры по рациональному использованию водных ресурсов. В связи с этим заслуживают внимания водооборотные мелиоративные системы, создаваемые на польдерах. В основу действия системы положен принцип многократного использования воды без лишнего сброса ее за пределы участка. В процессе эксплуатации следует контролировать качество воды, которая направляется на увлажнение земель. Если имеется потребность в осушении участка, закрывают затворы на подводящей сети и открывают на осушительной. Собранная вода по магистральному каналу поступает в регулирующую емкость насосной станции. Оттуда ее перекачивают в наливной водоем. После заполнения его избыток воды удаляют в водоприемник. В засушливые периоды воду, накопленную в наливном водоеме, через систему сооружений направляют в дрены-увлажнители. Неиспользованную воду опять перекачивают в водоем. Если местного стока для заполнения водоема недостаточно, дополнительный объем забирают из водоприемника [10].

Чтобы обеспечить равномерность регулирования водного режима и расширить диапазон применения осушительно-увлажнительных систем для подпочвенного увлажнения земель, на участках, где регулируется вод-

ный режим, можно применить агромелиоративные мероприятия (кротование, глубокое рыхление и др.).

Разновидностями осушительно-увлажнительных систем являются комбинированные и совмещенные. В первом случае увлажнение проводят одновременно двумя путями – дождеванием и подпочвенным, во втором случае – дождеванием. Воду при этом забирают из колодцев, устраиваемых на коллекторах. Осушительно-увлажнительная система может также состоять отдельно из осушительной и оросительной сети. Первая включает систему закрытых дрен, вторая, устраиваемая по осушительной, – дождевальные машины и установки. В таких системах увлажнение земель проводится дождеванием.

2.10.4 Определение параметров осушительно-увлажнительной системы

При расчете параметров осушительно-увлажнительной сети должны быть учтены требования осушения и увлажнения земель. Глубины заложения дрен-увлажнителей, коллекторов определяют из условий, обеспечивающих необходимое осушение земель; минимальный диаметр дрен-увлажнителей 75-100 мм (реже 50 мм), длина 80-150 м. Расстояние между дренами-увлажнителями вычисляют для режима осушения и режима увлажнения. Из полученных значений принимают меньшее. Расчет расстояния между регулирующими элементами в режиме осушения рассматривался в разделе 2.6.3.3 «Основные параметры закрытой регулирующей сети». Для режима увлажнения расстояние между дренами-увлажнителями можно найти по формуле С. Ф. Аверьянова

$$B \approx 2{,}1 \sqrt{\frac{\alpha \hat{E} \tilde{N} t}{\delta \lg \frac{1.27 h_o}{h_9 - h}}}, \qquad (2.13)$$

где α - коэффициент, учитывающий неполноту вскрытия водоносного пласта увлажнителем

$$\alpha = \frac{1}{1 + 2{,}94 \frac{\tilde{N}}{\hat{A}} \lg \frac{2C}{\pi d}}, \qquad (2.14)$$

где t - время увлажнения, сут;

б - коэффициент недостатка насыщения;

h_0 - напор в дрене-увлажнителе, м;

h - напор посередине между дренами-увлажнителями, м;

d - диаметр дрены-увлажнителя, м;

С - расстояние от оси дрен-увлажнителей до водоупора, м.

Увлажнительные распределительные коллекторы соединяют с дренами-увлажнителями сверху или в одной плоскости с помощью фасонных

деталей. Делают это, чтобы удалить воду из коллекторов и избежать размораживания труб зимой.

2.10.5 Вертикальный дренаж

Во многих зонах, где применяется осушение земель, поверхностных вод недостаточно для увлажнения почв в засушливые периоды. Имеющиеся в некоторых районах большие запасы пресных и слабоминерализованных подземных вод для орошения сельскохозяйственных культур можно использовать с помощью вертикального дренажа.

Вертикальный дренаж – один из способов осушительной мелиорации, позволяющий оперативно управлять водным режимом почв, экономно расходовать водные ресурсы. Системы с вертикальным дренажем проще автоматизировать, а в почве легче поддерживать влагозапасы в оптимальных интервалах.

Системы вертикального дренажа целесообразно проектировать в поймах рек, на плоских низменностях и равнинных участках с микропонижениями не свыше 2 м. Их можно строить на объектах, где имеются торфяники, заторфованные пески и легкие супеси, которые подстилаются песчаными отложениями мощностью не менее 15 м и с коэффициентом фильтрации 8-15 м/сут.

Расположение вертикальных дрен (скважин) и их параметры назначаются из условий достаточного и равномерного осушения площадей, а также получения необходимого количества воды на орошение. Глубина скважин зависит от интенсивности водного питания и дебита.

Системы вертикального дренажа в отмеченных условиях эффективнее других способов мелиорации. Грунтовые воды, откачиваемые из скважин, используют для орошения земель. Интенсивность понижения уровня грунтовых вод на участках с вертикальными дренами составляет 10-15 см/сут, а требуемая норма осушения достигается за 4-5 суток. Избыточная вода из расчетного слоя удаляется только тогда, когда в этом имеется необходимость. С помощью вертикальных дрен регулируют водный режим каждого поля севооборота в соответствии с требованиями растений к водно-воздушному режиму. На системах вертикального дренажа расстояние между открытыми каналами достигает 2-4 км, что повышает коэффициент земельного использования.

Наряду с положительными сторонами вертикальному дренажу присущи некоторые недостатки. Вертикальный дренаж применим только в определенных гидрогеологических условиях при мощности водоносного пласта не менее 15-20 м с большим коэффициентом фильтрации и неприменим на слабоводопроницаемых почвах, а также в сложных условиях рельефа. Создание осушительно-увлажнительных систем на основе вертикального дренажа требует устройства подземных сбросных и напорных трубопроводов, линий электропередачи к скважинам. Эксплуатационные затраты на вертикальном дренаже выше, чем на горизонтальном.

2.11 Особенности строительства осушительных и осушительно-увлажнительных систем

Отличительной чертой строительства объектов мелиорации в зоне избыточного увлажнения являются сложные условия производства работ. Переувлажненная почва обладает меньшей несущей способностью, она налипает на рабочие органы землеройных машин. Часто осваиваемые площади захламлены камнями, погребенной древесиной. Работа в таких условиях приводит к поломке машин и механизмов. Все это снижает производительность труда. Чтобы качественно выполнять работы на осушаемых землях, необходимо применять рациональную организацию труда и передовую высокопроизводительную технологию строительства.

Строительство элементов осушительных и осушительно-увлажнительных систем ведется в определенной последовательности. Для оперативного строительства и своевременного ввода объектов в сельскохозяйственное производство строительные работы планируются, подбираются необходимые машины, определяется последовательность выполнения технологических операций. Очередность работ по строительству элементов осушительных и оросительных систем устанавливается в зависимости от различных характеристик объектов: гидрогеологических, почвенных, грунтовых и рельефных условий, назначения системы, видов машин и др.

Как правило, в первую очередь строят водоприемник, проводящую сеть, затем регулирующую сеть. Одновременно со строительством водотоков или после его завершения возводят необходимые гидротехнические сооружения. По мере осушения земель производится их освоение.

Строительные работы на осушительных и осушительно-увлажнительных системах начинают с подготовительных работ. В их состав входят: вынос проекта в натуру, сведение древесно-кустарниковой растительности, удаление валунов, извлечение погребенной древесины с ширины полосы, на которой производятся работы, в необходимых случаях делают планировку поверхности. С этой целью применяют корчеватели-собиратели, кусторезы, бульдозеры, камнеуборочные машины, трелевочные тракторы, планировщики. Старые канавы, траншеи, карьеры на объектах засыпаются бульдозерами.

2.11.1 Строительство открытой осушительной сети

Для проведения работ по регулированию водоприемников применяют одноковшовые экскаваторы и землесосные установки. Рекомендуется регулировать реки-водоприемники и устраивать каналы с объемом выемки более 13 м^3 на 1 м в две стадии. Сначала необходимо создать временный водоприемник в виде пионерной траншеи, являющейся частью проектного сечения водотока. Затем параметры водотока доводят до проектных. Такая технология позволяет вести строительство водотоков низших порядков одновременно с доведением русла водоприемника до проектных парамет-

ров. Технологические схемы по регулированию водоприемников составляют в зависимости от размеров поперечного сечения водоприемника.

При строительстве водоприемников и их регулировании используют одноковшовые экскаваторы Э-352, ТЭ-3М, Э-652, Э-10011, оборудованные драглайнами, обратными лопатами или грейферами. Если ширина водоприемников по урезу воды 7-26 м и минимальная глубина 0,55 м, регулирование и строительство можно осуществлять с помощью земснарядов 8 ПЗУ и ЗРС-2. Для этих работ можно также использовать одновременно одноковшовые экскаваторы и земснаряды.

Строительство больших магистральных каналов ведется с применением той же техники, что и при регулировании водоприемников. Однако на строительстве магистральных каналов, оградительной и открытой регулирующей сети наиболее распространены одноковшовые экскаваторы. Тип машины подбирается в зависимости от размеров каналов и объемов земляных работ. На слабых грунтах, чтобы уменьшить давление экскаваторов, предусматривают елани. После устройства сети одноковшовыми экскаваторами кавальеры разравнивают бульдозерами. Толщина слоя разравнивания обусловлена объемом выемки и использованием полосы вдоль водотоков.

Осушительную сеть глубиной до 2 м можно строить машинами непрерывного действия типа КФН-1200А и ЭТР-171. Они позволяют отрыть канал полного профиля за один проход и по сравнению с машинами цикличного действия повышают производительность труда в несколько раз. Например, каналокопатели КФН-1200А и ЭТР-171 в 4-5 раз превосходят производительность одноковшовых экскаваторов. Однако такие машины пока применяются ограниченно. У них высокое удельное давление на грунт, и поэтому с их помощью строят каналы на осваиваемых торфяно-болотных массивах, но имеющих неблагоприятный водный режим.

При создании открытой сети грунт целесообразно использовать для возведения земляного полотна дорог, а также засыпки старых канав, карьеров, траншей и т. д.

В целях повышения эффективности использования землеройных машин необходимо принимать меры, чтобы продлить строительный период. Поэтому по возможности каналы следует строить в зимнее время. Это ликвидирует сезонность работ, позволит использовать технику равномерно на протяжении всего года, уменьшить площади земель, выпадающих из сельскохозяйственного использования при мелиорации летом. Своевременно сооруженная открытая сеть дает возможность во многих случаях в течение одного года выполнить весь комплекс мелиоративно-строительных работ и подготовить объект для сельскохозяйственного использования.

Зимой рекомендуется строить каналы на вновь осушаемых торфяниках, так как несущая способность промерзших почв выше, чем непромерзших.

Перед началом работ в зимнее время (до заморозков) проводят специальную подготовку трасс, чтобы грунт на полосе будущих каналов про-

мерзал незначительно. Для этого грунт рыхлят на глубину 25-35 см с последующим боронованием или задержанием снега.

2.11.2 Строительство закрытой осушительной и осушительно-увлажнительной сети

Состав, технология и механизация дренажных работ в значительной степени зависят от конструкции закрытой сети и применяемых материалов. Процесс закладки этой сети, кроме подготовительных работ, состоит из развозки труб и вспомогательной арматуры, отрытия траншей или формирования щелей в грунте для укладки труб с защитой от заиления их полости фильтрующими материалами, установки арматуры и устройства сооружений (тройники, колодцы, устья и т. д.), засыпки траншей.

При выносе проекта в натуру разбивают оси коллекторов, дрен, дрен-увлажнителей или собирателей с учетом типа машины, которая будет выполнять строительные операции. По трассам разбивают пикетаж, устанавливают копирный трос, отмечают места сопряжения регулирующих линий с проводящей сетью, а также устройства необходимых сооружений. Затем вдоль трасс развозят необходимое количество труб. После подготовительных работ приступают к строительству закрытой сети. Устройство закрытой траншейной сети включает следующие операции: копание траншеи с заданным уклоном дна, планировку дна, укладку дренажных труб, защиту их полости и водоприемных отверстий от заиления.

Устройство траншей и планировку дна выполняют многоковшовыми экскаваторами ЭТЦ-202, ЭТЦ-202А. Керамические трубы на дно траншеи укладывают по специальному желобу экскаватора. За качеством укладки труб следит рабочий. В случае необходимости он поправляет сместившиеся от оси трубы и регулирует зазоры между ними.

При бестраншейном способе строительства закрытых дрен, собирателей и дрен-увлажнителей рабочий орган в виде ножа прорезает в грунте щель. На дно ее укладывают трубы, как правило, одновременно с созданием щели. Таким способом укладывают, например, пластмассовые трубы. Укладка керамических труб бестраншейным способом не получила широкого распространения. В таких условиях сложно защищать закрытые линии от заиления и контролировать качество их строительства. Для бестраншейной укладки пластмассовых труб применяют дреноукладчики ДПБН-1,8, дренажные машины УДМ-151, УДМ-152, БДМ-300 и др.

Закрытую материальную сеть можно устраивать также в зимних условиях. Состав технологических операций, комплект машин зависят от глубины промерзания грунта, температуры воздуха, вида грунтов и других факторов. Многоковшовые экскаваторы ЭТЦ-202, ЭТЦ-202А могут работать, если грунт промерзает до 4-6 см. При больших глубинах применяют одноковшовые экскаваторы. Хорошие результаты дают меры по предупреждению промерзания грунта на большие глубины. К ним относятся

предзимнее рыхление грунта по трассам будущих водотоков, сохранение на трассах травянисто-кустарниковой поросли.

Кротовые дрены устраивают путем протягивания на заданной глубине специального снаряда – дренера. Их прокладывают кротователями типа КН, МД-6, Д-657.

Щелевые дрены в торфяных почвах с наличием погребенной древесины нарезают щеленарезными машинами. Например, машиной ТМТ-101, навешиваемой на трактор ДТ-75Б, можно устраивать щелевые дрены в торфяниках летом и зимой. Верх щелевых дрен, проложенных зимой, заделывают после оттаивания и просыхания торфяника весной или летом путем прикатывания гусеницами трактора [25].

2.12 Сооружения и дороги на осушительных и осушительно-увлажнительных системах

Современная осушительная и особенно осушительно-увлажнительная система – это сложный комплекс различных элементов. Среди них важное место занимают гидротехнические сооружения. С помощью сооружений обеспечивается обслуживание мелиоративных систем, регулирование водного режима почв, переезд сельскохозяйственной и другой техники через водотоки. В целях упрощения строительства сооружений используются разработанные типовые проекты. При их отсутствии разрешается повторно применять имеющиеся проекты или разрабатывать индивидуальные в соответствии с определенным порядком. В таких случаях необходимо стремиться максимально, использовать типовые решения. При выборе конструкции сооружений учитываются долговечность и надежность в эксплуатации, зональные особенности района строительства, индустриальные методы строительства, местные строительные материалы. Постоянные сооружения следует проектировать, как правило, капитального типа: из сборного железобетона, бетона и камня.

По назначению гидротехнические сооружения на осушительных и осушительно-увлажнительных системах можно разделить на следующие группы:

1. Сооружения для переезда техники, перехода людей, перегона скота через каналы и другие водотоки. К ним относятся мосты, трубы-переезды, броды, скотоперегоны, пешеходные мостики.
2. Сооружения для регулирования стока воды в каналах и закрытых коллекторах мелиоративной системы: шлюзы-, трубы- и колодцы-регуляторы, другие водоподпорные устройства.
3. Сооружения для сопряжения водотоков в вертикальной плоскости: дренажные устья, колодцы с перепадом, быстротоки, перепады, воронки открытые и закрытые и др.
4. Сооружения и устройства для крепления дна и откосов каналов от размыва и предотвращения других видов деформаций русл: подпорные стенки, габионы, различные крепления (плетневая стенка, хворостяной ка-

нат, дощатые щиты, железобетонные лотки и плиты различных форм и сочетаний, одерновка, каменное мощение и т. д.).

5. Сооружения, предназначенные для наблюдения за работой закрытой сети, – смотровые колодцы.

6. Сооружения для перевода поверхностного стока во внутренний: колодцы-поглотители, фильтры, водоприемные колодцы и т. д.

7. Сооружения для культурно-бытовых целей: пляжи, оборудованные необходимым инвентарем, зоны отдыха с различными устройствами.

8. Сооружения для службы эксплуатации: наблюдательные колодцы, водомерные посты, береговая обстановка и другие вспомогательные сооружения и устройства, обеспечивающие нормальную эксплуатацию и информацию на мелиоративном объекте.

2.12.1 Сооружения на открытой сети

Мосты сооружают при пересечении дорог с водоприемниками, крупными магистральными каналами. Габариты, расчетную нагрузку мостов принимают в соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП) и классом дороги.

Шлюзы-регуляторы устраивают на таких же водотоках. Однако если имеется возможность, шлюз-регулятор необходимо совмещать с переездом.

Пешеходные мостики строят на водотоках в тех местах, где каналами были пересечены тропы.

Большое внимание при строительстве каналов уделяют креплению дна и откосов. Для крепления применяют различные материалы и в первую очередь местные – хворост, жерди, дерн. При отсутствии их используют привозные материалы – доски, щебень, гравий, железобетонные плиты и др. В любых случаях необходимо выбирать такие материалы, которые были бы дешевыми и надежными в эксплуатации. Кроме того, при выборе материалов крепления следует стремиться ликвидировать сезонность в их применении. Поэтому большое распространение получили фашинное крепление и крепление из дощатых щитов, которые целесообразно применять в условиях постоянного стока воды. В зимнее время заготавливают колья, вяжут из хвороста фашины, делают из досок щиты. В летнее время этими готовыми изделиями крепят каналы. Наиболее приемлемы материалы, которые фильтруют воду. В противном случае вдоль креплений начинают перемещаться водные потоки, они размывают грунт у крепления (например, у досок) и выносят его в русло водотока.

На минеральных грунтах длина кольев должна быть не менее 70-80 см, диаметр 5-6 см. На торфяных почвах целесообразно, чтобы колья перерезали всю торфяную залежь и забивались в минеральную подпочву. Расстояние между кольями в ряду принимается 50 см. Чтобы повысить устойчивость крепления, между кольями можно устанавливать распорки. Фашина, хворостяная стенка, доски при креплении щитами должны заглубляться под проектное дно канала не менее чем на 5 см. Это следует делать во из-

бежание возможного «зависания» крепления над дном канала и образования зазора, в который может вытекать разжиженный грунт в русло. За стенку и канат укладывается дернина травой к креплению. Дернина нужна для пропуска фильтрующейся через откос воды в канал и задержания твердых частиц. Можно использовать и другие фильтрующие материалы. Чтобы переводить воду через дощатые щиты, в них надо устраивать продольные щели. В большинстве случаев, особенно при впадении в проводящую сеть закрытых коллекторов, при описанных схемах крепления в дополнение по откосу канала укладывают дерн. Большой недостаток данных типов крепления – устройство их вручную.

Дерн можно применять для крепления каналов как самостоятельный тип. Но в таком случае сток воды в каналах должен быть периодическим. При длительном нахождении дерна под водой трава отмирает и крепление разрушается. Особенно неустойчиво крепление дерном в условиях длительного подпора воды и резком изменении (особенно при понижении) уровня воды в каналах. Поэтому на осушительно-увлажнительных системах закрепленные дерном каналы выходят из строя раньше, чем каналы, работающие только для осушения земель.

Эффективно крепление бетонными плитами, лотками. Но они пока дороги. Бетон для крепления каналов применяется только в исключительных случаях – у гидротехнических сооружений и при определенном технико-экономическом обосновании.

Чтобы повысить эффективность и механизировать процесс крепления, применяют биологические способы крепления откосов каналов посевом трав. Лучшее время для их высева – ранний весенний период, но можно и во второй половине лета. На подготовленный откос травы высевают гидросеялками; отсюда крепление получило название гидропосева.

После разравнивания кавальеров вдоль каналов образуется полоса, за которой могут собираться и застаиваться поверхностные воды. Для перевода в канал поверхностного стока применяют воронки. Они в зависимости от грунтов и объемов сбрасываемой воды могут быть с креплением и без него. Открытые воронки служат для удаления воды из небольших понижений. С помощью закрытой воронки поверхностная вода в канал отводится из-за значительных препятствий, например насыпи дороги вдоль водотока.

2.12.2 Сооружения на закрытой сети

Дренажное устье – это укрепленный выход коллектора и сопряжение его с открытой проводящей сетью. Надежность узла зависит от конструкции устья. В практике мелиоративного строительства для этих целей применяют преимущественно сборные железобетонные детали (рисунок 2.19).

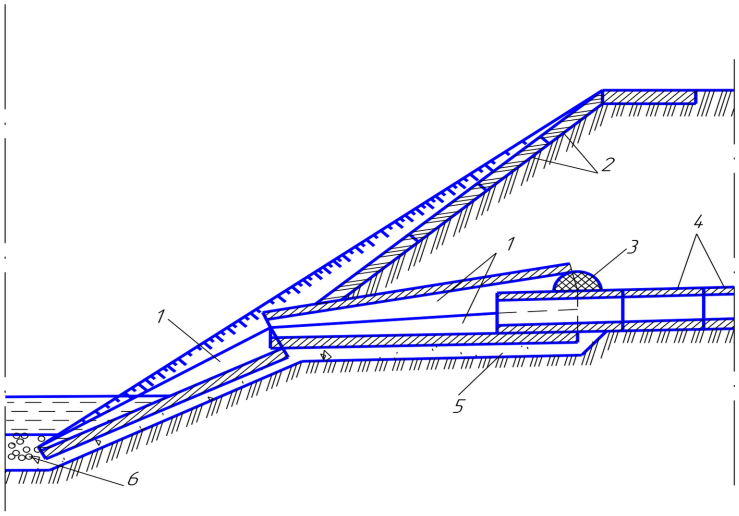


Рисунок 2.19 – Конструкция сборного железобетонного устья
1 – блоки устьев; 2 – одерновка; 3 – заделка цементным раствором;
4 – трубы коллектора; 5 – песчано-гравийная подготовка; 6 – крепление дна канала

Контроль за работой закрытых систем осуществляется через смотровой колодец. Смотровые колодцы устраивают в местах сопряжения в одной точке трех и более коллекторов при изменении уклонов дна с большего на меньший более чем в 3 раза. Если длина коллекторов более 800-1000 м, смотровые колодцы устанавливают через 400-500 м. Для сбора частиц, выносимых из коллектора потоком воды, служит отстойная часть колодца, глубина которой от дна коллектора должна быть не менее 0,4-0,5 м (рис. 2.20).

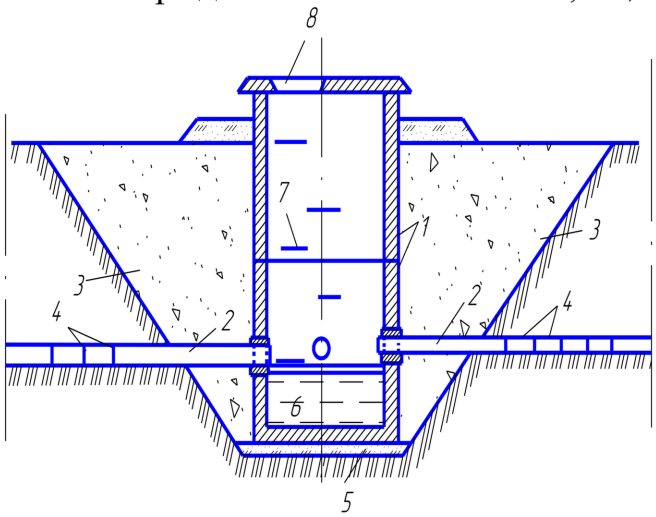


Рисунок 2.20 – Открытый смотровой колодец
1 - железобетонные кольца; 2 – асбоцементные трубы; 3 – обратная засыпка;
4 – трубы коллекторов; 5 – песчано-гравийная подготовка;
6 – отстойная часть колодца; 7 – ходовые скобы; 8 – лаз

Смотровые колодцы бывают открытые и закрытые. В открытых колодцах оголовки труб возвышаются над поверхностью не менее чем на 0,3-0,4 м. Закрытые колодцы устраивают под слоем земли. Чтобы избежать повреждений колодцев во время работы сельскохозяйственной техники, толщина слоя почвы над крышкой закрытого колодца должна быть не менее 0,6 м. Если на коллекторе необходимо создать подпор воды, смотровой

колодец оборудуется подпорными устройствами (затворами, гибкими шлангами на входном коллекторе). В таких случаях он называется колодцем-регулятором.

На тяжелых почвах для перевода избыточной поверхностной воды из микропонижений в закрытую сеть служат колодцы-поглотители. Их устраивают из железобетонных колец, в которых имеются водоприемные отверстия. После установки кольца обсыпают фильтрующим материалом, через который вода отводится в коллекторную сеть.

Надежность работы закрытой сети зависит не только от материалов, из которых изготавливают трубы, но и от качества сопряжения труб между собой и узлов соединения закрытых регулирующих линий с проводящей сетью – коллекторами. Для соединения отдельных элементов закрытой сети можно применять соединительные детали. Они улучшают качество строительных работ, повышают производительность труда.

Трубы в линии соединяют между собой с помощью муфт. Муфты изготавливаются из пластмасс, имеют водоприемные отверстия, покрытые фильтром. Пластмассовые муфты – это полые цилиндры, концы которых вводятся в соединяемые трубы.

2.12.3 Дороги на осушаемых землях

При проектировании осушительных и увлажнительных систем в зависимости от конкретных условий могут предусматриваться следующие виды дорог:

1) межхозяйственные, соединяющие хозяйство с районными центрами, станциями железных дорог, и т. п.;

2) внутрихозяйственные, соединяющие центр хозяйства с межхозяйственными дорогами, хозяйственно-производственными центрами, отделениями, бригадами, фермами и другими объектами в хозяйстве;

3) эксплуатационные, обеспечивающие осмотр, обслуживание и ремонт мелиоративной системы и вывоз сельскохозяйственной продукции;

4) полевые, соединяющие отдельные поля севооборота и угодья с более крупной дорожной сетью. Они служат также для вывоза урожая с полей, доставки удобрений, проезда сельскохозяйственной техники.

Целесообразно совмещать дороги различного назначения. Протяженность и назначение дорог принимаются на основе технико-экономических расчетов.

Дороги размещают по возможности вдоль границ хозяйства, полей севооборотов, рек-водоприемников, крупных каналов, по местам с наименьшей залежью торфа. При устройстве дорог для отсыпки насыпи следует использовать выемку грунта из каналов. Дороги должны размещаться так, чтобы проезд транспорта по полям в среднем равнялся 1 км. Удельная протяженность полевых дорог на 1 км^2 составляет: на овощных севооборотах 2-2,5 км; полевых севооборотах 1-1,4 км; сенокосах и пастбищах 0,5-0,7 км.

2.13 Подготовка осушаемых земель к сельскохозяйственному использованию

Создание осушительных и осушительно-увлажнительных систем для регулирования водно-воздушного режима – первый этап на пути эффективного использования мелиорируемых земель. После строительства инженерных систем, осушаемые земли в большинстве случаев к сельскохозяйственному использованию еще не пригодны. На осушаемых массивах могут быть кочки, произрастать кустарники и мелколесье. Серьезным препятствием при использовании мелиорируемых земель является засоренность почв камнями. Каменистость ограничивает применение плугов с предплужниками, почвоуглубителей и других сельскохозяйственных орудий. На сильно каменистых почвах перерасход горючего достигает 40-45%.

Осушаемые земли имеют, как правило, выраженный микрорельеф. Он возникает естественным путем и в процессе строительства осушительных и осушительно-увлажнительных систем. После удаления древесно-кустарниковой растительности, пней, камней на полях появляются ямы, рытвины, понижения. В понижениях застаивается вода, отсюда неравномерность в увлажнении почв. Это снижает эффективность использования осушаемых земель; часто при осушении земель требуется ликвидировать мелкоконтурность. Кроме того, вновь осваиваемые земли, особенно минеральные, отличаются низким естественным плодородием, которое обусловливается небольшим гумусовым слоем, слабой биологической активностью, наличием подзолистого слоя, повышенной кислотностью, низким содержанием питательных веществ в доступных для растений формах. Без проведения дополнительных мероприятий такие земли использовать невозможно. Поэтому второй этап при мелиорации заключается в подготовке земель к сельскохозяйственному использованию. В состав этих работ входят культуртехнические мероприятия (культуртехника) и окультуривание осушаемых земель.

2.13.1 Культуртехнические мероприятия

Культуртехника – отрасль мелиоративной науки, изучающая методы и способы улучшения свойств почвы и ее поверхности.

По методам проведения культуртехнические мероприятия подразделяют на культуртехнические работы на осушаемых землях; работы по поверхностному и коренному улучшению лугов и пастбищ; улучшение старопахотных земель; освоение выработанных торфяников. Основными видами культуртехнических работ являются: удаление лесокустарниковой растительности и пней; очистка торфяной залежи от погребенной древесины; уничтожение кочек; удаление мохового очеса; уборка камня; планировка поверхности; ликвидация мелкоконтурности и ранее образованных валов и куч.

При проведении культуртехнических мероприятий к ним предъявляют следующие основные требования.

1. Комплексность и неразрывность культур- и гидротехнических мелиораций; невыполнение этого требования приводит к замораживанию капитальных вложений. К тому же продуктивность земель станет снижаться вследствие отмирания естественной влаголюбивой растительности и вымыва питательных элементов из почвы.

2. Полная механизация всего технологического процесса освоения мелиорируемых земель. Наиболее прогрессивные приемы подготовки поверхности позволяют исключить применение ручного труда, связанного с уборкой погребенной древесины на торфяно-болотных и уничтожением древесных остатков на минеральных почвах, и т. п.

3. Подбор технологических схем и механизмов, обеспечивающих максимальную производительность и хорошее качество работ. Технологические схемы и состав механизмов должны соответствовать характеру засоренности поверхности почвы. Перенесение механических приемов освоения с минеральных почв на торфяно-болотные или наоборот снижает производительность труда. Хорошее качество подготовки поверхности почвы в дальнейшем позволит эффективно использовать сельскохозяйственную технику для посева и уборки растений.

4. Ликвидация сезонности в выполнении работ. Для освоения земель необходимо подбирать такие участки, на которых можно было бы проводить работы не только в теплый период, но и зимой. Работа по подготовке почв в течение всего года ускоряет ввод площадей для сельского хозяйства, позволяет сохранить кадры механизаторов, эффективно и планово использовать технику круглый год.

5. Увязывание выбираемых способов и приемов освоения с характером последующего использования мелиорируемых земель. Различные сельскохозяйственные культуры неодинаково отзывчивы к качеству обработки поверхности почвы, что необходимо учитывать при проведении культуртехнических работ.

6. Максимальное сохранение органического вещества почвы при выполнении технологических операций по подготовке поверхности. Это требование вызвано распространением различных приемов, предусматривающих отделение гумусового слоя почвы при удалении древесной растительности, камней и т. д. Разработаны и апробированы технологические способы и машины, обеспечивающие практически полное сохранение гумусового слоя почвы.

7. Повышение коэффициента использования осваиваемых площадей в сельскохозяйственном производстве. При подготовке поверхности необходимо исключать условия образования валов или куч и создавать предпосылки для полного использования осваиваемых площадей в сельском хозяйстве. Валы и кучи занимают плодородную землю, приводят к недобору сельскохозяйственной продукции. Неполное использование площади замораживает часть капитальных вложений, внесенных в мелиорацию.

Технология культуртехнических работ, их качество, стоимость во многом зависят от технического состояния поверхности мелиорируемых земель – закустаренности, засоренности камнем, наличия кочек, микропонижений и т. д. Для мелиорируемых земель типично большое разнообразие древесной растительности, которая характеризуется по различным признакам. Одним из них является наличие древесной растительности на единице площади.

Засоренность камнями определяется характером залегания их в почве, размерами в поперечнике и количеством на гектаре. По характеру залегания различают камни поверхностные, полускрытые и скрытые, по размеру – мелкие (средний размер в поперечнике до 0,3 м), средние (0,3-0,6 м), крупные (0,6-1 м) и валуны (более 1 м). По степени засоренности камнями поверхности и верхнего слоя почвы глубиной до 40 см мелиорируемые площади делят на очень слабозасоренные (при наличии камней до 0,5 $м^3$/га), слабозасоренные (5-25 $м^3$/га), среднезасоренные (25-50), сильнозасоренные (50-100$м^3$/га).

Имеется классификация и по степени засоренности мелиорируемых территорий погребенной древесиной, пнями, закочкаренности и другим препятствиям для обработки почв. Ее можно найти в справочной литературе [4, 8].

2.13.2 Производство культуртехнических работ

При освоении земель, заросших кустарником и мелколесьем, применяют три технологические схемы:

1) срезка растительности кусторезами с последующей корчевкой пней и корней корчевальными боронами, сгребание срезанной и выкорчеванной древесины в валы или кучи тракторными граблями;

2) раздельная корчевка корчевателями-собирателями и сгребание выкорчеванной ликвидной древесины тракторными граблями;

3) фрезерование древесно-кустарниковой растительности специальными машинами (например, МТП-42А).

Мелкий кустарник заделывают в почву кустарниково-болотными плугами и фрезами. На плугах устанавливают плоские ножи с опорной лыжей. При перерезании дернины пласт сжимают лыжей, в прорези которой помещен плоский нож, и обеспечивают плотную заделку древесных включений в почву. Плугами запахивают кустарник на торфяных и минеральных почвах, если мощность гумусового слоя последних достигает 26-30 см. Кустарник высотой до 1,0 м запахивают на глубину не менее 25 см, высотой 1-2 м – на глубину 30-35 см и высотой более 2,0 м – на глубину 45-50 см. В зависимости от конфигурации, рельефа участка и густоты древесной растительности принимают разные схемы работы кусторезов: на участках, близких к квадратным. – спиральную, на прямоугольных – загонную, при наличии больших уклонов – челночную (рисунок 2.21).

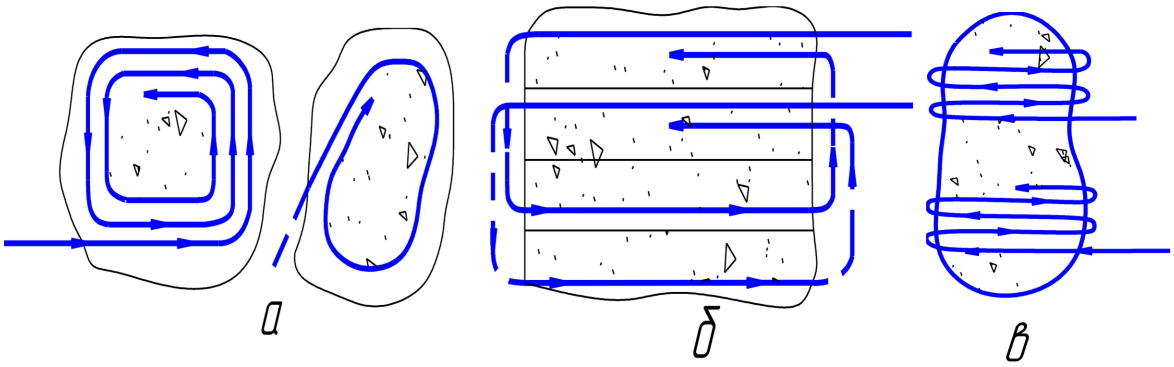


Рисунок 2.21 – Схемы работы кустореза
а – спиральная; б – загонная; в – челночная

После вспашки пласты разделывают тяжелыми дисковыми боронами за два-три прохода и прикатывают катками. Кустарник, запаханный в почву, разлагается в течение трех-четырех лет, и срок ввода осваиваемых земель затягивается.

Запашка – дешевый и эффективный способ освоения закустаренных земель. Она позволяет исключить ряд операций и машин по срезке, корчевке, сгребанию и уничтожению древесной массы. Освоение закустаренных земель методом запашки в 2-3 раза дешевле срезки кустарника и последующей его уборки и в 3-4 раза – корчевания кустарника корчевателями-собирателями. Однако запашка имеет ограничения. Она целесообразна на площадях, не требующих значительных планировочных работ, без большого количества крупных пней, не засоренных камнем, с мощностью гумусового или торфяного слоя не менее 22-25 см. Запахивают кустарник кустарниково-болотными плугами ПБН-75, ПКБ-75, ПКБ-100, ПБН-100А, ПКБН-100М и др.

Крупный кустарник срезают кусторезами или бульдозерами, а сгребают в кучи объемом до 300-400 м^3 тракторными граблями или корчевателями-собирателями. Работа агрегатов наиболее эффективна в зимних условиях по мерзлому грунту при толщине снежного покрова не более 50 см. Кучи сжигают весной после того, как растает снег. Летом корчевальной бороной корчуют оставшиеся пни с одновременным извлечением корней кустарника.

Ямы и неровности заравнивают бульдозерами. Первичную вспашку таких участков проводят кустарниково-болотными плугами на глубину до 25 см на минеральных почвах и на глубину 30-35 см на торфяных. Пласты разделывают тяжелыми дисковыми боронами за два-три прохода. Земли, освоенные по такой технологии, в первый год засевают семенами зерновых культур, однолетних и многолетних трав.

Для срезки кустарника и мелколесья применяют кусторезы Д-514А, ДП-24, КБ-4А и другие с пассивным рабочим органом. Они могут срезать стволы древесных растений диаметром до 20 см. Машины работают хорошо только с острыми ножами. На расчистке участков от кустарников и мелколесья можно также использовать кусторезы типа КИМ-2, КФМ-2,8.

Первая машина предназначена для срезки мелкого кустарника в зимнее время, вторая кустарника и мелколесья с диаметром стволов до 10 см. В отдельных случаях для срезки кустарника и мелколесья применяют бульдозеры. Срезанный кустарник и мелколесье кустарниковыми граблями сгребают одновременно или параллельно со срезкой.

Корчевку древесно-кустарниковой растительности производят корчевателями-собирателями Д-210В, Д-210Г, Д-496, Д-513А, Д-695А. Корчевку толстомерных деревьев и пней диаметром более 50 см этими корчевателями выполнять весьма трудно, а диаметром более 80-100 см вообще невозможно. Для облегчения корчевки корни предварительно обрезают баровыми установками. Толстомерные пни и деревья можно удалять взрывным способом.

Площадь очищают от пней и корней, учитывая их размеры. Пни и корни при диаметре корневой шейки древесных растений до 6-7 см можно запахивать кустарниково-болотными плугами. Пни диаметром 6-15 см удаляют в летнее время в два следа навесной рельсовой бороной БН-01 или бороной К-1 на тракторе Т-100 МГС. Валы или кучи, образованные в результате сгребания лесокустарниковой растительности, ликвидируют. Сначала их разбивают, а затем перетряхивают. Эти операции осуществляют с разрывом в 7-15 дней, чтобы земля просохла и хорошо отделилась от древесины при перетряхивании. Перетряхивают валы и кучи корчевателями-собирателями или якорными цепями, агрегатируемыми с двумя тракторами. Чтобы древесина быстрее разложилась, такие операции проводят несколько раз, неразложившиеся остатки сгребают в кучи и вывозят за пределы осваиваемой территории. В отдельных случаях на минеральных землях валы и кучи после перетряхивания сжигают. На торфяно-болотных почвах сжигать древесину запрещено в целях пожарной безопасности.

Фрезерными машинами МТП-42А, МПГ-1,7 и ФКН-1,7 кустарник измельчают и перемешивают с почвой. Одновременно фрезерованием уничтожают кочки, мелкие пни и измельчают верхний слой торфа.

Этот способ заменяет все операции основной и предпосевной обработок почвы и сразу же после прикатывания позволяет проводить посев. Фрезерованием заделывают кустарник диаметром до 12 см и высотой до 6 м. Наиболее эффективен этот способ при освоении осушенных торфяников, заросших кустарником на 60-100%. Схемы работы фрезерной машины приведены на рисунке 2.22.

К недостаткам фрезерных машин относится прежде всего их сравнительно низкая производительность (0,2-0,3 га за смену). Кроме того, при фрезеровании торфяной залежи, заросшей густым кустарником и с большим количеством погребенной древесины, наблюдается сильное засорение поверхности щепой, которую приходится собирать вручную.

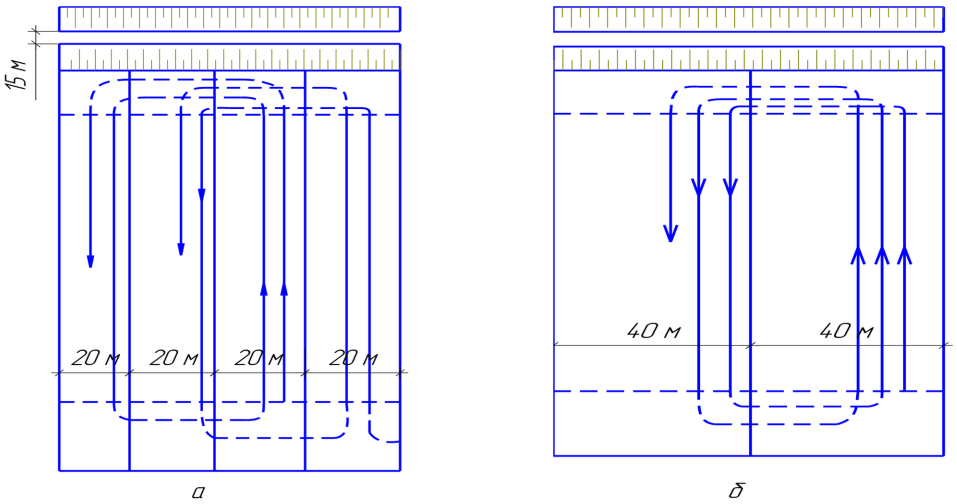


Рисунок 2.22 – Схемы работы фрезерной машины на 20-метровых (*а*) и на 40-метровых (*б*) картах

Кочки на осушаемых землях в зависимости от их вида ликвидируют различными механизмами. Привалунные кочки удаляют корчевателями-собирателями и другими механизмами в процессе корчевки деревьев, пней и камней. Низкие земляные кочки уничтожают боронованием или шлейфованием рельсовыми волокушами. Крупные кочки либо дискуют тяжелыми дисковыми боронами с последующим разравниванием рельсовыми волокушами, либо измельчают болотными фрезами, а затем прикатывают.

Работы по очистке полей от *камней* выполняют в два этапа. На первом этапе одновременно с удалением лесной и кустарниковой растительности или после него убирают крупные камни. На втором этапе убирают камни, извлеченные из пахотного слоя в процессе вспашки или после нее. Крупные и средние камни удаляют корчевателем-погрузчиком КБП-2, корчевателем-собирателем поворотным КСП-20, камнеуборочной машиной УКП-0,6, камнеподборщиком УСК-0,7. Для транспортирования выкорчеванных валунов за пределы полей применяют металлические листы, тракторные сани, тросы, саморазгружающиеся лыжи ЛС-4, тракторные прицепы ПВК-5,0. Мелкие камни удаляют камнеуборочными машинами КУМ-1,2, МКП-1,5.

После удаления древесно-кустарниковой растительности, камней и других механических препятствий для обработки полей проводят выравнивание поверхности. *Планировочные работы* на мелиорируемых землях делят на следующие виды: ликвидация профильных земляных сооружений, первичная строительная планировка, эксплуатационная планировка. Ликвидацию профильных земляных сооружений (ямы, канавы, траншеи, валы) выполняют бульдозерами, скреперами. Первичную строительную планировку на тяжелых почвах проводят после вспашки, на легких – после дискования. Ее выполняют грейдерами, скреперами, иногда бульдозерами. Отделочную, а также эксплуатационную плагировку выполняют длиннобазовыми планировщиками П-2,8; П-4; ПА-3, якорными цепями и другими приспособлениями после очистки и рыхления верхнего слоя почвы. Они

работают в зависимости от конфигурации поля по кольцевой схеме или загонным способом (рисунок 2.23) [15, 25].

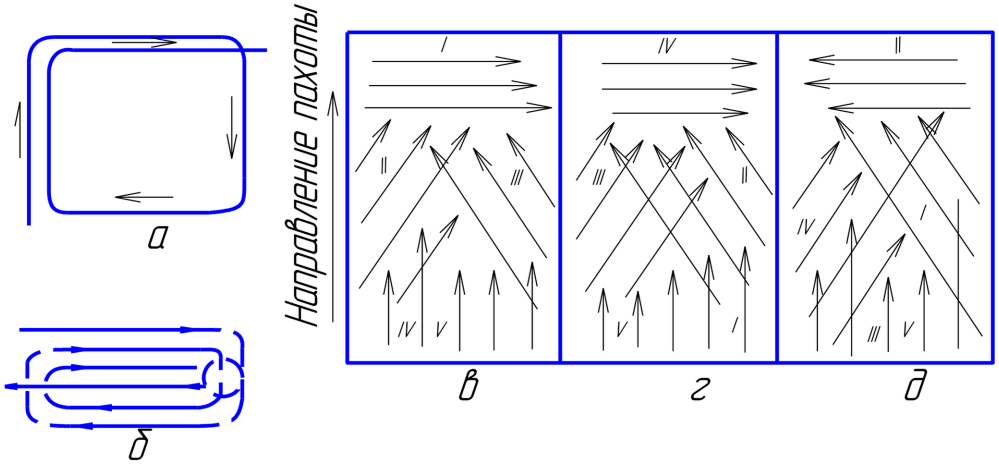


Рисунок 2.23 – Схемы движения планировщиков
а – кольцевая; *б* – загонная; *е, г, д* – соответственно на 1, 2 и 3 участках;
I – V – направление проходов планировщика

2.13.3 Окультуривание осушаемых земель

Мероприятия по *первичному окультуриванию* земель проводятся после проведения культуртехнических работ.

Многие осушаемые земли отличаются низким естественным плодородием. Поэтому важная задача повышения плодородия мелиорируемых земель – их окультуривание.

Чтобы окультурить почвы, необходимо создать достаточно мощный высокоплодородный пахотный слой, нейтрализовать повышенную кислотность, внести необходимые удобрения, провести агромелиоративную обработку почвы. Сельскохозяйственное использование земель также должно способствовать повышению плодородия почв.

Увеличить мощность пахотного слоя можно различными путями в зависимости от естественного плодородия, механического состава почвы, количества вносимых органических удобрений, извести и других факторов. Например, на почвах сравнительно высокого и среднего плодородия легкого механического состава увеличение пахотного слоя выполняют путем безотвального рыхления на глубину 30-35 см или путем припахивания 3-5 см подпахотного слоя за один прием. При этом в почву должны вноситься органические удобрения в количестве 3-10 т на каждый сантиметр припахиваемого слоя, а также известь. Для рыхления используют диски ПДК-4, ПДН-4, обычные плуги без отвалов и рыхлители.

Основными способами первичной обработки вновь осваиваемых земель являются вспашка с оборотом пласта и безотвальная обработка почвы. После поверхностной подготовки производят вспашку земель прицепными или навесными кустарниково-болотными плугами. Глубина вспашки зависит от мощности гумусового слоя или торфяной почвы. При неболь-

шой мощности гумусового слоя первичную обработку выполняют безотвальными орудиями, а рыхление на глубину до 12 см – тяжелыми дисковыми боронами.

На хорошо осушенных участках торфяных почв под зерновые культуры и многолетние травы лучшим способом первичной обработки почвы является фрезерование без вспашки, чаще всего в два, иногда в три следа.

Во время мелиорации вносят минеральные и органические удобрения. Последние не только обогащают почву питательными веществами, но и улучшают ее водный, воздушный и температурный режимы, деятельность микрофлоры. Нормы внесения органических удобрений применяют в зависимости от производства работ и естественного плодородия почвы (таблица 2.13). Нормы внесения минеральных удобрений как для восстановления почвенного плодородия, так и для последующего окультуривания устанавливают дифференцировано, с учетом содержания питательных элементов в почве.

На торфяно-болотных почвах низинного типа возможно получение высоких урожаев всех сельскохозяйственных культур с применением лишь минеральных удобрений. Органические вещества вносят в небольших дозах на болотах переходного типа и на выработанных торфяниках с целью усиления биологической активности микроорганизмов.

После осушения и культуртехнических работ единовременно с внесением органических удобрений обязательно проводят известкование кислых почв.

Кроме снижения кислотности, известкование улучшает азотное и фосфорное питание растений в результате как разложения органического вещества почвы, так и перехода труднодоступных фосфатов железа и алюминия в более доступные фосфаты кальция. На известкованных почвах повышается доступность калия и ряда микроэлементов. Известкование повышает эффективность вносимых удобрений и способствует ускорению окультуривания кислых почв. Известкованные почвы имеют более благоприятный водный и воздушный режимы.

Многие неблагоприятные свойства осушаемых торфяных почв, особенно их тепловой режим, можно устранить путем добавок минерального грунта (землевания). Кроме прямого положительного влияния на почвенные процессы и возделываемые культуры, добавки минерального грунта вызывают повышение несущей способности почвы, что обеспечивает лучшую проходимость машин и сельскохозяйственных агрегатов, снижает опасность пожаров и ветровой эрозии.

Минеральный грунт применяют на торфяных почвах с зольностью менее 15%, а на ожелезненных торфах независимо от их зольности. В качестве минеральных добавок можно использовать пески, супеси, суглинки и глины.

Нормы минерального грунта для овоще-кормовых севооборотов составляют 400-500 $м^3$/га, а полевых и лугово-кормовых – 200-300 $м^3$/га.

Таблица 2.13 – Нормы внесения органических удобрений для восстановления плодородия, т/га

Работа	Дозы удобрений при уровне плодородия почвы		
	низком	среднем	высоком
Строительство систематической осушительной и оросительной сети	30-45	20-30	15-20
Корчевание кустарника и мелколесья:			
редкого	30	20	10
среднего	45	30	15
густого	60	40	20
Раздельное удаление наземной части древесной растительности и корней при заростности:			
редкой	15	10	5
средней	30	20	10
густой	45	30	15
Корчевание пней и деревьев диаметром более 12 см, шт/га:			
до 100	30	20	10
100-200	45	30	15
более 200	60	40	20
Ликвидация профильных земляных работ (засыпка ям, канав и пр.), $м^3$/га			
до 100	15	10	5
100-150	30	20	10
более 150	45	30	15

Окультуриванию почв и повышению их плодородия способствует также правильное использование мелиорируемых земель. При выращивании сельскохозяйственных культур на торфяно-болотных почвах необходимо учитывать их минерализацию и сработку под воздействием внешних факторов. Поэтому для увеличения долговечности торфяники мощностью до 1 м рекомендуется использовать под многолетние травы. Если мощность торфяных почв превышает 1 м, на них можно применять севообороты, в составе которых многолетние травы должны занимать не менее 50% площади [8, 15].

3 Оросительные мелиорации

Оросительными мелиорациями называется комплекс инженерно-технических и организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на улучшение условий сельскохозяйственного производства на территориях с недостаточной и неустойчивой естественной влагообеспеченностью.

Целью орошения является регулирование водного и связанных с ним воздушного, пищевого, солевого и теплового режимов почвы для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Орошение, наряду с агротехническими приемами, должно способствовать сохранению и повышению плодородия почв.

Если сравнить естественное увлажнение почвы (атмосферные осадки) с потребностью сельскохозяйственных культур в воде (водопотребление), то станет очевидным, что в острозасушливых и засушливых районах нашей страны орошение является обязательным условием земледелия, в полузасушливых районах орошение дополняет недостаточное количество осадков и неравномерное их распределение, во влажных и полувлажных районах служат для восполнения кратковременных дефицитов влаги, а также как противозаморозковые и удобрительные меры.

3.1 Виды оросительных мелиораций. Понятие об оросительной системе

Оросительные мелиорации в зависимости от природно-хозяйственных условий разделяют на увлажнительные и специальные.

К *увлажнительным* относят регулярное и одноразовое орошение. При регулярном, орошении производится систематическая подача воды на поля в соответствии с потребностями растений. Для этого вида орошения необходимо иметь постоянный источник воды, головное водозаборное сооружение и оросительную сеть. При одноразовом орошении почва увлажняется один раз в год путем затопления площади паводковыми водами рек и талыми водами, стекающими со, склонов (лиманное орошение).

К *специальным* относят: окислительно-удобрительные поливы на поймах рек, удобрительные поливы растворами удобрений, хозяйственно-бытовыми и животноводческими стоками, отеплительные поливы для согревания почвы и для борьбы с заморозками.

Наиболее совершенно регулирует водный и связанные с ним тепловой, пищевой, солевой и воздушный режимы регулярное орошение.

Орошение земель имеет положительное и отрицательное: влияние на окружающую среду (почвы, растения, микроклимат, водоисточники и др.).

К положительному влиянию относятся: освоение целинных и повышение продуктивности старопахотных земель, повышение культуры земледелия, многолетнее или сезонное регулирование рек, оптимальное регулирование влаги в почве, улучшение микроклимата почвы и воздуха, увеличение, содержания органических веществ в почве и улучшение, ее

структуры, вымыв вредных солей из корнеобитаемого слоя почвы, улучшение усвояемости удобрений, усиление, микробиологических процессов в почве, снижение удельных сопротивлений при обработке почвы и др.

К отрицательному влиянию относятся (особенно при чрезмерном орошении и плохом качестве воды): засоление и осолонцевание почвы за счет поступления вредных солей с оросительной водой или за счет поступления вредных солей из нижних горизонтов при чередовании увлажнения и высыхания почвогрунтов, а также при подъеме минерализованных грунтовых вод, вымыв питательных веществ из корнеобитаемого слоя, разрушение структуры и уплотнение почвы увеличение количества обработок (культивация) почвы и др.

Таким образом, для повышения всестороннего положительного воздействия орошения на внешнюю среду необходимо тщательное обоснование регулирования, прежде всего, водного режима почв. Правильное применение орошения способствует повышению плодородия почвы, улучшает микроклимат и формирует высокий и устойчивый урожай сельскохозяйственных культур.

Оросительная система, действующая регулярно, состоит из следующих основных элементов (рисунок 3.1):

– источника орошения (реки, пруда, озера, водохранилища, существующего оросительного канала высшего порядка, подземных вод);

– головного водозаборного сооружения – шлюза-регулятора (при самотечном орошении) или насосной станции (при механической подаче воды), предназначенных для забора воды из источника орошения в оросительную сеть;

– магистрального канала или трубопровода, транспортирующих воду от головного сооружения до орошаемого участка;

– распределительных проводящих каналов или трубопроводов для распределения воды из магистральных каналов или трубопроводов между отдельными участками и полями;

– системы оросителей, открытых или закрытых для равномерного распределения воды между растениями в пределах поливного участка или подачи ее к дождевальной технике;

– сооружений на оросительной сети, устраиваемых в голове каждого канала, местах пресечения с инженерными коммуникациями (дорогами, различными трубопроводами, подземными и воздушными линиями связи и подобными сооружениями) и служащих для регулирования подачи воды, сопряжения горизонтов воды, преодоления различных препятствий и т.п.,

– водоотводящей и дренажной сети, предназначенной соответственно для отвода избыточного количества поливных и дренажных вод;

– сети дорог для проезда поливной и другой техники в процессе эксплуатации участка;

– самой орошаемой территории, где выращиваются орошаемые культуры [18].

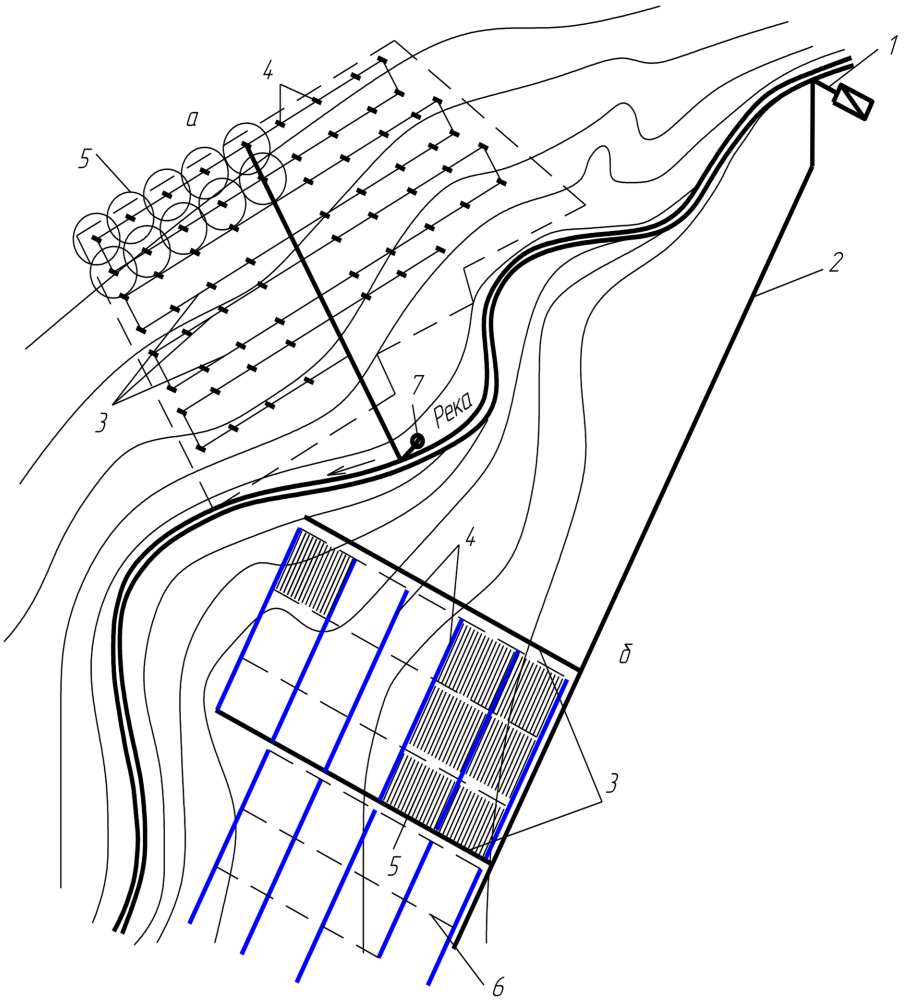


Рисунок 3.1 – Схема оросительной сети

а – орошение дождевание на закрытой трубчатой сети (1 – насосная станция; 2 – магистральный трубопровод; 3 – оросители; 4 – гидранты; 5 – схема действия дождевальной техники); *б* – орошение самотечное по бороздам (1 – головное водозаборное сооружение; 2 – магистральный канал; 3 – участковые распределители; 4 – временные оросители; 5 – поливные борозды; 6 – выводные борозды)

3.2 Режим орошения сельскохозяйственных культур

3.2.1 Понятие о режиме орошения

Под *режимом орошения* понимается режим подачи воды растениям, то есть объемы и сроки поливов.

К режиму орошения предъявляются требования:

а) обеспечить потребность растений в воде в каждую фазу их развития;

б) обеспечить оптимальное регулирование воздушного, теплового, питательного и солевого режимов в корнеобитаемой зоне и приземном слое воздуха;

в) способствовать повышению плодородия земель, не допуская их заболачивания, размыва, засоления, солонцевания и ухудшения структуры;

г) учесть требования агротехники, организации труда, хозяйственные условия.

Режим орошения сельскохозяйственных культур зависит от следующих факторов:

а) природных (климата, почв, гидрогеологии, источника орошения);

б) биологических (вида растений, сорта, качества семян);

в) хозяйственных (агротехники, трудовых ресурсов техники полива, оснащенности хозяйства).

Различаются проектные и эксплуатационные режимы орошения.

Проектный режим орошения устанавливает нормы и сроки поливов для года расчетной обеспеченности с учетом предусмотренных в проекте способов и техники полива, природных и хозяйственных условий. Расчетная обеспеченность режима орошения обосновывается технико-экономическими расчетами путем сравнения ущерба от недополива в некоторые годы и дополнительных затрат на повышение водообеспеченности системы. Учитываются также возможности источника орошения. Обычно для засушливой зоны проектная обеспеченность орошения близка к 95%, для зоны неустойчивого увлажнения 75-85%.

Эксплуатационный режим орошения составляется для:

а) сезонного планирования водопользования с учетом ожидаемых в текущем году погодных условий и водности источника орошения;

б) оперативного планирования водопользования на ближайшие 1-2 декады. Эксплуатационный режим орошения учитывает изменения организационно-хозяйственных, почвенно-мелиоративных и других условий на системе.

3.2.2 Водопотребление сельскохозяйственных культур

При определении количества воды необходимого для орошения, нужно прежде всего установить, сколько воды расходует само растение на транспирацию, а также величину испарения из почвы.

Количество воды, расходуемое на транспирацию растением и испарение почвой с 1 га поля за вегетационный период, называется *суммарным водопотреблением* (Е, м/га, мм).

Суммарное водопотребление (эвапотранспирация) определяется несколькими методами.

Полевые методы заключаются в измерении составляющих водного, теплового, радиационно-теплового балансов опытного участка или монолита почвогрунта и определении суммарного водопотребления из этих балансов.

Аналоговые методы позволяют определить суммарное водопотребление по хорошо изученным объектам с аналогичными природными условиями.

Эмпирические расчетные методы основаны на корреляционных зависимостях между водопотреблением и климатическими факторами. Эти

зависимости получены на основе длительных наблюдений. Наиболее известными являются:

а) формула А.Н. Костякова

$$E = КУ \quad (3.1)$$

где Е - суммарное водопотребление культуры за вегетационный период, $м^3$ /га;

У - планируемый урожай, ц /га;

К - удельное водопотребление культуры, $м^3$/ц (определяется полевыми исследованиями).

Коэффициент показывает, сколько воды требуется для формирования единицы урожая. Он зависит от климатических условий региона, свойств почв, уровня агротехники и урожайности. Расход воды на единицу урожая с увеличением плодородия почвы и урожайности уменьшается. Суммарное водопотребление этим методом можно определить только за весь вегетационный период [6].

б) биоклиматический метод А.М. и С.М. Алпатьевых

$$E= К_б \Sigma d \quad (3.2)$$

где Е - суммарное водопотребление за месяц, мм;

$К_б$ - биологической коэффициент, устанавливаемый экспериментально как отношение фактического суммарного испарения к сумме дефицитов влажности воздуха за расчетный период (таблицы 2.4-2.7) [12];

Σd - сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха (мб).

Для уточнения Е рекомендуется вводить также поправочные коэффициенты, учитывающие конкретные условия зоны проектирования.

в) формула испаряемости Н.Н. Иванова

$$E_0 = 0{,}0018\cdot(25 + t)^2 \cdot(100\text{-}a), \quad (3.3)$$

где E_0 – испаряемость за месяц, мм;

t – среднесуточная температура воздуха, °С;

а – среднесуточная относительная влажность воздуха, %.

г) из зарубежных методов определения испаряемости (потенциальной эвапотранспирации) наиболее широкое распространение в нашей стране получил метод Ф. Блейни и В.Д. Криддл (США)

$$ET_0 = n\cdot(0{,}46t + 8{,}13)k_\sigma , \quad (3.4)$$

где ET_0 -- потенциальная эвапотранспирация, мм/сут;

n – среднесуточная продолжительность дневного времени, в % от годовой;

t – температура воздуха, °С;

k_σ – поправочный коэффициент, учитывающий влажность воздуха, продолжительность солнечного сияния и скорость ветра.

Формула Ф. Блейни и В.Д. Криддла очень проста и базируется на использовании доступной исходной информации, частично приведенной в справочной литературе [12].

Выбор формулы для расчета должен быть обоснован путем выявления факторов, наиболее характерных для данной территории, и использования эмпирических коэффициентов, полученных в данном районе.

3.2.3 Оросительная норма

Оросительной нормой называется объем воды, подаваемый на 1 га за вегетационный период (в м /га, мм) с целью регулирования влажности почвы в расчетном слое. За расчетный принимается слой, в котором содержится 90% корней растений (обычно 0,6-1 м). Для большинства культур регулирование влажности почвы производят в диапазоне от 60 до 90% от предельной полевой влагоемкости (ППВ), что обеспечивает необходимый воздушный режим почв и хорошие условия для микробиологических процессов.

Величина оросительной нормы определяется из уравнения водного баланса в расчетном слое почвы для года расчетной обеспеченности (балансовый метод А.Н. Костякова)

$$M = E - \alpha O_c + {}_{\Delta}W \pm g \qquad (3.5)$$

где М - оросительная норма нетто, $м^3$/га;

Е - суммарное водопотребление, $м^3$ /га;

O_c - осадки за вегетацию расчетной обеспеченности, мм;

α- коэффициент использования осадков для вегетационного периода,0,6-0,8;

${}_{\Delta}W$ - используемый запас влаги из почвы, ;

$\pm g$ - влагообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами, $м^3$ /га.

Используемый запас влаги в почве (${}_{\Delta}W$) определяют как разность между запасами влаги в расчетном слое в начале и конце вегетации, т.е.

$$ {}_{\Delta}W = W_{нач} - W_{кон} \qquad (3.6)$$

Для большинства районов и культур $W_{нач}$ = (0,85 - 0,95) ППВ, а $W_{кон}$ = (0,5 - 0,6) ППВ.

Величина влагообмена для почв пустынной зоны составляет (0,15-0,20) Е, для почв сухостепной зоны (0,10-0,15) Е, для почв степной зоны - менее 0,10 Е.

Величины оросительных норм зависят от зоны и сельскохозяйственной культуры. Для засушливой зоны ($К_{ув}$<0,33) – 4000-10000 $м^3$/га; для зоны недостаточного увлажнения ($К_{ув}$= 0,33 – 3000-5000 $м^3$/га; для зоны избыточного увлажнения ($К_{ув}$>1) – 500-200 $м^3$/га. Меньшее значение М относится к культурам с коротким периодом вегетации [12].

3.2.4 Поливные нормы и сроки поливов

Оросительная норма в течение вегетационного периода подается частями в соответствии с изменением расчетного слоя, потребностью растений в воде, естественным увлажнением, допустимыми пределами влажности почвы.

Объем воды, подаваемый на 1 га за один полив, называется *поливной нормой m* (м/га, мм). Поливная норма определяется по формуле А.Н. Костякова

$$m = H_{рас}\, m = H_{расч} * \gamma\ (W_{max} - W_{min}) \qquad (3.7)$$

где $H_{рас}$ - расчетный слой почвы, зависит от фазы развития растений, см;

γ - объемная масса расчетного слоя почвы, т/м^3;

W_{max} - весовая влажность в расчетном слое почвы после полива (верхний предел), %;

W_{min} - то же перед поливом (нижний предел), %.

Значение влажности почвы зависит от требований растений и типа почв. Для большинства культур W_{max}= 0,9 ППВ и W_{min}= 0,6 ППВ.

При влажности более W_{max} нарушается дыхание растений и деятельность микроорганизмов, происходит потеря воды на фильтрацию и вымыв питательных веществ ниже расчетного слоя почвы. При влажности менее W_{min} растения страдают от недостатка влаги и высокой концентрации почвенного раствора.

Влажность почвы измеряется с помощью влагомеров.

На величину *m* влияет также рельеф (при больших уклонах *m* уменьшают), степень засоления почв (при засолении m увеличивают) и техника полива (при поверхностном поливе *m* = 600-1200, при дождевании 150-700 и капельном 50-100 м^3/га).

Поливные нормы и сроки поливов устанавливают различными методами: для эксплуатационного режима орошения – по рекомендациям научных учреждений, по опыту передовых хозяйств и по полевым наблюдениям; для проектного режима орошения – графоаналитическим методом А.Н.Костикова и по аналогии.

Графоаналитический метод заключается в анализе балансов влаги в расчетном слое почвы на 1 га за расчетные периоды (декады, месяцы). Из балансов определяют запасы влаги в расчетном слое в конце расчетного периода, которые сравниваются с допустимыми пределами

$$W_{кон} = W_{нач} + \alpha O_c - E \pm g \qquad (3.8)$$

При уменьшении запасов влаги до W_{min} назначается полив. Норма и средний день полива определяется графически (рисунок 3.2). Пересчет влажности из % в м^3 /га: $W(м^3/га) = W(\%)\cdot H_{расч}\ \gamma$.

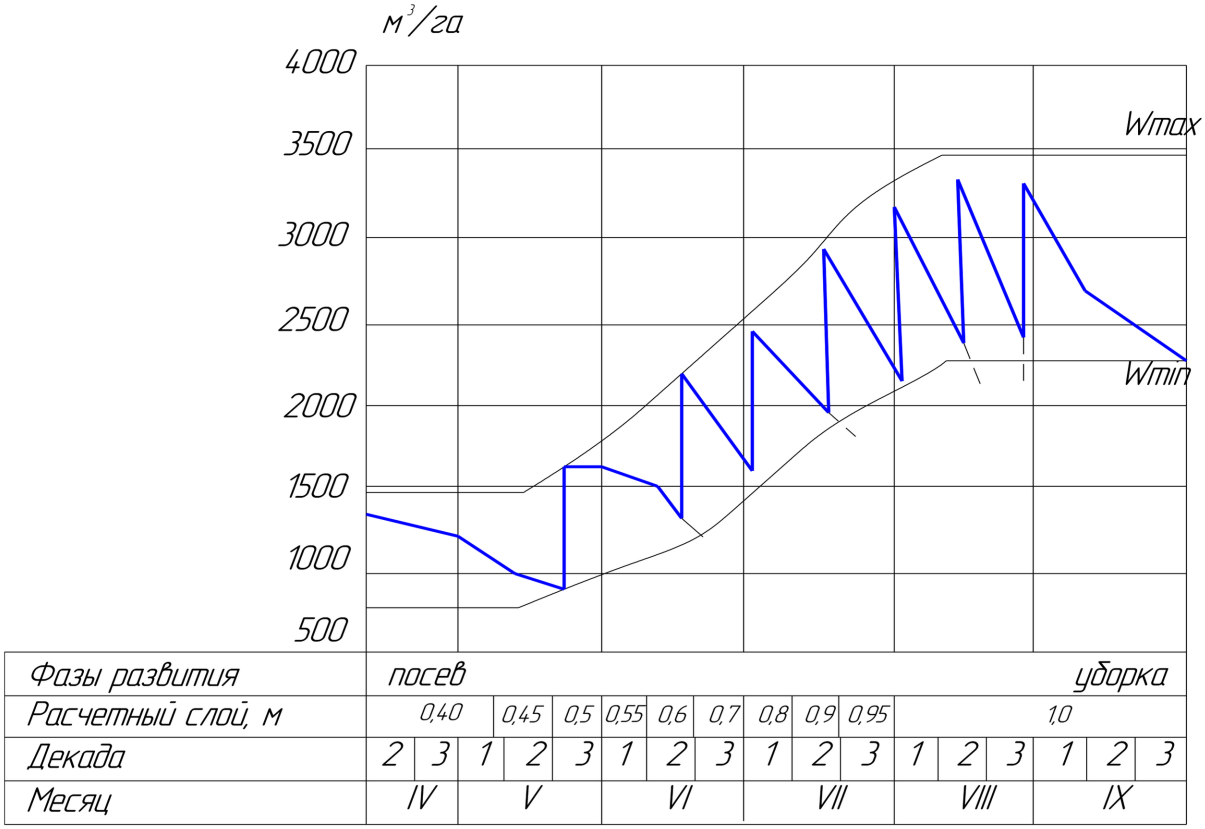


Рисунок 3.2 – Определение норм и сроков полива графоаналитическим методом А.Н. Костякова

Намеченные средние дни поливов и межполивные периоды должны быть увязаны с агротехническими сроками сельскохозяйственных работ. Продолжительность полива определяется организацией полива на всем массиве и организацией труда в хозяйстве.

3.2.5 График гидромодуля

Гидромодуль – это расход воды на единицу площади, л/с га. На основании установленного режима орошения всех культур проектируемого севооборота составляет неукомплектованный график гидромодуля, который показывает средневзвешенные расходы воды на один гектар севооборотного участка в каждый день вегетационного периода (рисунок 3.3, а).

Величины определяют для всех поливов и всех культур севооборота но формуле

$$q = \frac{\alpha * m}{8640 * t} \qquad (3.9)$$

где α - содержание культуры в севообороте, %;

m - поливная норма, м^3/га;

t - поливной период, сут.

Для улучшения экономических и эксплуатационных условий график гидромодуля укомплектовывается (рисунок 3.3,б). При этом снижаются высокие и повышаются низкие ординаты, ликвидируются перерывы между поливами. Это достигается путем изменения ординаты q за счет изменения поливного периода (при этом поливная норма остается неизменной, т.е. $q_{неук} \cdot t_{неук} = q_{ук} \cdot t_{ук}$, за счет сдвига среднего дня полива на 2-3 дня (рисунок 3.3,б). Конфигурация графика и расчетная ордината зависят от состава севооборота, зоны, техники полива.

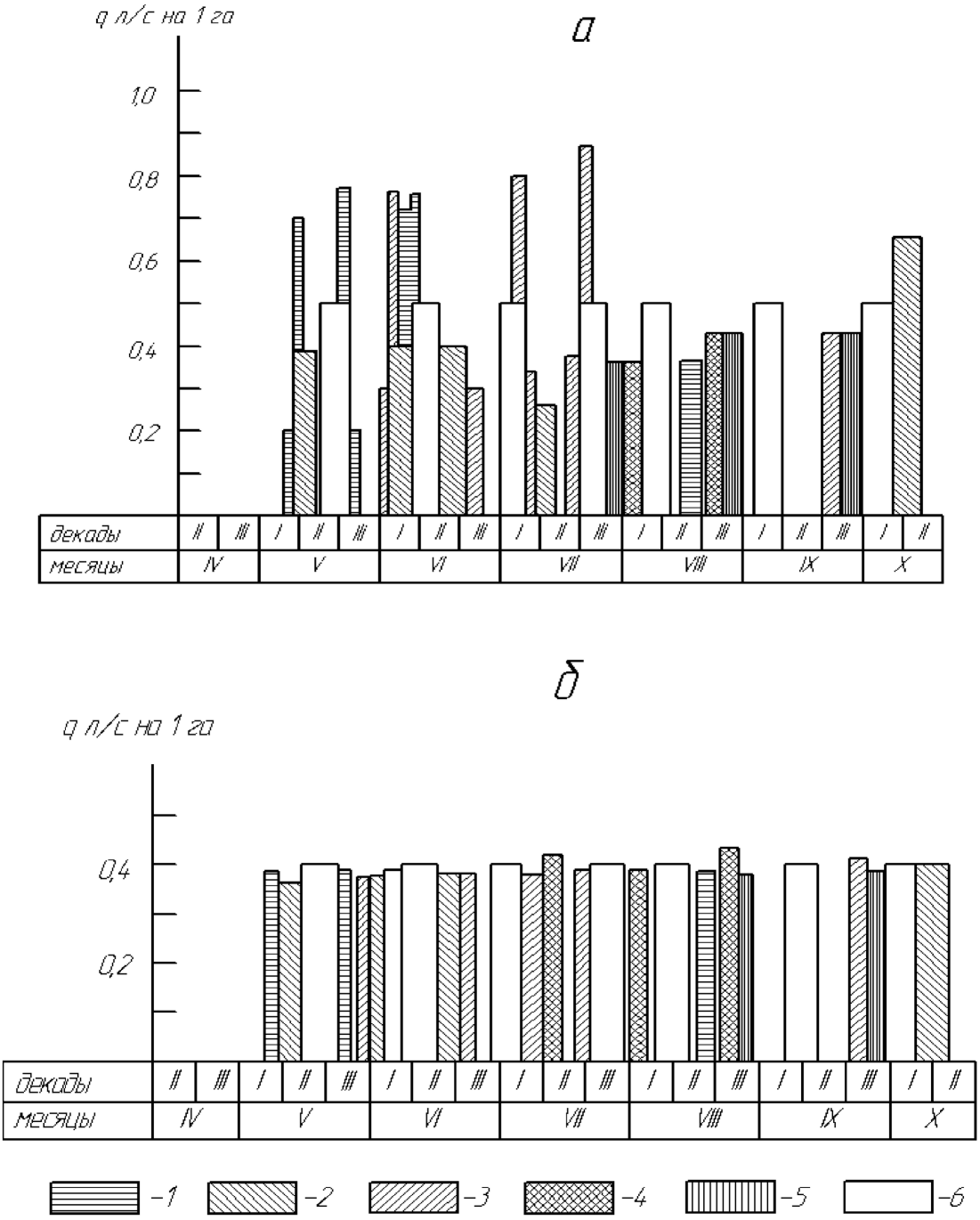


Рисунок 3.3 – График гидромодуля

а – неукомплектованный; б – укомплектованный; 1, 2 – озимая и яровая пшеница; 3, 4 – кукуруза; 5 – люцерна 1-го года; 6 – люцерна 2-го и 3-го года жизни

Укомплектованный график гидромодуля составляется для определения расчетных расходов нетто в севооборотном канале в любой момент вегетационного периода

$$Q^{с/о}_{НТ} = q_{max} \cdot F_{НТ}^{с/о} \quad (3.10)$$

где q_{max} - максимальная ордината укомплектованного графика гидромодуля, л/с га;

$F_{НТ}^{с/о}$ - орошаемая площадь нетто севооборотного участка, га.

Для создания требуемого запаса воды в почве в начале вегетации культур при недостаточном естественном увлажнении проводят влагозарядковый полив, запасая влагу в 1-1,5- метровом слое почвы. Время проведения влагозарядки – осеннее-зимний или весенний период. Норму полива определяют по формуле (3.8), только вместо W_{min} подставляют $W_{естеств}$.

Кроме вегетационных и влагозарядковых применяют дополнительные поливы: предпосевные (400-600 $м^3$/га) в районах с сухой весной, противозаморозковые (до 100 $м^3$/га) в садах и виноградниках, освежительные (50-100 $м^3$ /га) для овощей, чая, цитрусовых в жаркие часы суток, промывные на засоленных землях.

3.3 Классификация способов орошения и поливной техники

Способом орошения называется комплекс мер и приемов распределения воды на поливном участке и превращения водного потока в почвенную и атмосферную влагу. Существуют следующие способы полива (рисунок 3.4) [12]:

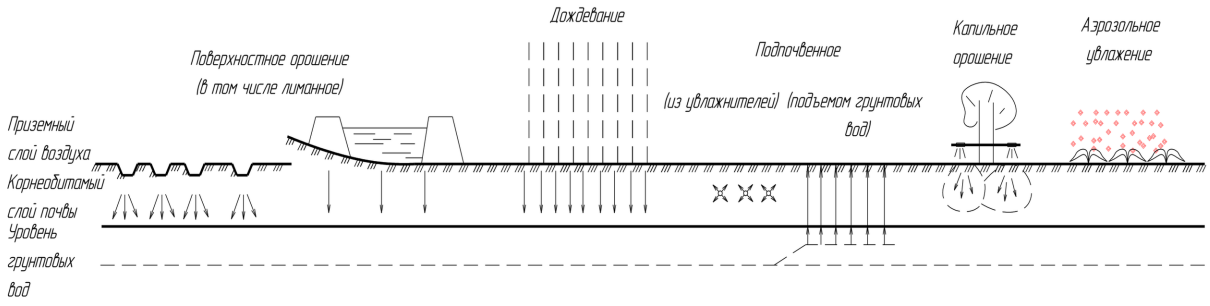


Рисунок 3.4 – Способы орошения

поверхностное, при котором вода распределяется по поверхности поля и поступает к корням растений гравитационным путем или путем капиллярного впитывания;

дождевание, при котором вода распыляется в виде дождя над орошаемой площадью, увлажняя почву, приземный слой воздуха, надземные части растения;

аэрозольное увлажнение (мелкодисперсное дождевание) – распыление мельчайших капель воды для регулирования температуры и влажности приземного слоя воздуха над полем;

внутрипочвенное, при котором вода поступает к корням растений за счет всасывающей силы почвы и гравитации;

капельное, когда вода подается каждому растению непрерывно в соответствии с водопотреблением.

Как показывает опыт, ни один из указанных способов орошения не может быть рекомендован как универсальный и единственно возможный для всех условий (таблица 3.1) [12].

Таблица 3.1 – Основное назначение различных способов орошения

Способ орошения	Увлажнение почвы	Увлажнение воздуха	Влагозарядка	Промывка от солей	Внесение удобрений	Орошение сточными водами	Терморегуляционное увлажнение растений	Провокационные поливы для роста сорняков
Аэрозольное	+	+	x	-	+	x	+	+
Дождевание	+	x	+	+	x	+	-	+
Поверхностное	+	-	-	-	+	+	-	-
Внутрипочвенное	+	-	-	-	+	-	-	-
Подземное	-	+	-	-	-	-	+	-

Примечание. «+» - обеспечивает; «-» - не обеспечивает; «x» - частично обеспечивает.

Каждому способу соответствует устройство оросительной сети и техники полива. Элементы и устройства, переводящие воду из состояния сосредоточенных токов в состояние почвенной влажности, называются техникой полива. Правильный выбор способов и техники полива (таблица 3.2) предопределяет эффективность орошения, так как от этого в значительной степени зависят режим орошения, урожайность сельскохозяйственных культур, производительность труда на поливе, объем планировочных работ, мелиоративное состояние орошаемого массива, конструкция и стоимость внутрихозяйственной сети, эксплуатационные затраты, себестоимость получаемой продукции и др.

Таблица 3.2 – Условия применения различных способов орошения в неблагоприятных природно-климатических условиях

Способ орошения	Засоленные почвы	Легкие песчаные почвы	Тяжелые почвы	Сложный рельеф	Большие уклоны	Близко расположенные минерализованные воды	Дефицит водных ресурсов	Минерализованная поливная вода	Сильный ветер
Аэрозольное	-	+	x	+	+	+	+	-	x
Дождевание	+	x	+	x	x	x	x	x	+
Поверхностное	-	x	x	x	+	-	+	-	+
Внутрипочвенное	-	x	+	+	+	-	+	-	+
Подземное	+	+	+	+	+	+	+	-	+

Примечание. «+» - применимо; «-» - неприменимо; «x» - частично применимо.

3.3.1 Поверхностный (самотечный) способ полива

Поверхностный способ полива может применяться на территориях со спокойным рельефом, благоприятными уклонами, достаточной мощностью почв, при поливных нормах не менее 600 $м^3$/га, на засоленных землях. Применение поверхностного полива возможно на уклонах поверхности Земли 0,0005-0,03, наиболее благоприятными являются уклоны 0,002-0,008.

Достоинствами поверхностного способа полива являются большой опыт, накопленный во всем мире, простота и дешевизна элементов техники полива; он не требует применения энергии, машин, дефицитных материалов.

Поверхностный способ полива имеет следующий недостатки: потребность в ручном труде, зависимость от рельефа, необходимость значительных планировочных работ, разрушение структуры почвы, необходимость дополнительных сельскохозяйственных работ, ухудшение воздушного режима почв, неравномерность увлажнения по площади и по глубине, трудность регулирования степени увлажнения, препятствие механизации сельскохозяйственных работ.

В настоящее время поверхностный способ полива является наиболее распространенным: в пустынной и полупустынной зонах на 98% орошаемых земель, в сухостепной и степной на 47%, в гумидной зоне на 10% орошаемых земель.

При поверхностном поливе происходит одновременное движение воды по поверхности почвы и поглощение ее почвой. Движение воды на поверхности описывается уравнением Шези

$$V = C\sqrt{Ri} \qquad (3.11).$$

Процесс поглощения воды почвой называется впитыванием (инфильтрацией). Это неустановившееся движение воды в почве при неполном насыщении пор. При полном насыщении пор впитывание переходит в фильтрацию. Впитывание является сложным процессом, на который действует большое количество факторов (гравитация, капиллярные силы, структура и механический состав почвы, градиенты напора, почвенный воздух, наличие трещин, ходов землероев, корневая система растений, техника полива и др.). Процесс впитывания воды в почву впервые описан уравнением А.Н.Костикова [6]

$$V_t = K_1/t^{\alpha} \qquad (3.12)$$

где V_t - скорость впитывания воды в почву в момент времени t от начала процесса, м/ч;

K_1 - скорость впитывания в конце первого часа, м/ч;

t - время, ч;

α - параметр, учитывающий свойства почвы и ее влажность α=0,2-0,8.

Слой впитавшейся воды за время t определяется уравнением

$$h_t = \frac{K_1 \cdot t^{1-\alpha}}{1-\alpha} \qquad (3.13)$$

Зависимости V_t и h_t от времени приведены на рисунке 3.5.

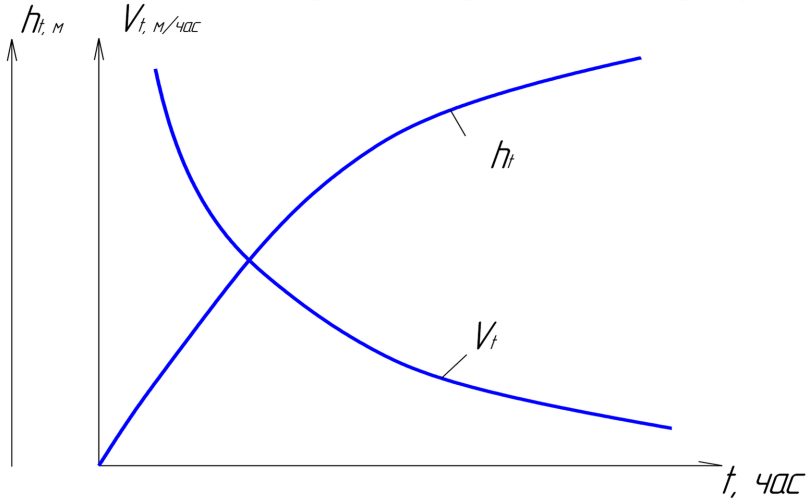


Рисунок 3.5 – Зависимости скорости впитывания V_t и слоя впитавшейся воды в почву h_t от времени

Поверхностный полив осуществляется по бороздам, напусков по полосам и затоплением чеков.

По бороздам поливаются широкорядные пропашные культуры (технические, овощи, кукуруза, картофель, хлопчатник); по полосам - узкорядные культуры (зерновые, травы); затоплением по чекам – рис и травы, влагозарядковый полив, промывка засоленных земель.

а) Полив по бороздам

Поперечный разрез поливных борозд показан на рисунке 3.6. Ширина междурядий (а) зависит от ширины контура увлажнения, условий механизации сельскохозяйственных работ и вида культур, а = 0,45-1,5 м. Ширина борозды по дну *b* = 5-7 см, глубина воды в борозде h_b=3-5 см, заложение откосов *m* = 1 и глубина борозды h_b =10-30 см.

Вода поступает к корням за счет бокового впитывания. Форма контура увлажнения определяется типом почв; на легких – контур вытянут по вертикали, на тяжелых – по горизонтали.

Продольные уклоны борозд возможны в пределах 0,001-0,03. Наиболее благоприятные – 0,002-0,008. При больших уклонах наблюдаются размывы борозд, поэтому при $i \leq 0{,}008$ борозды нарезаются по наибольшему уклону, при $i > 0{,}008$ – под углом к горизонталям.

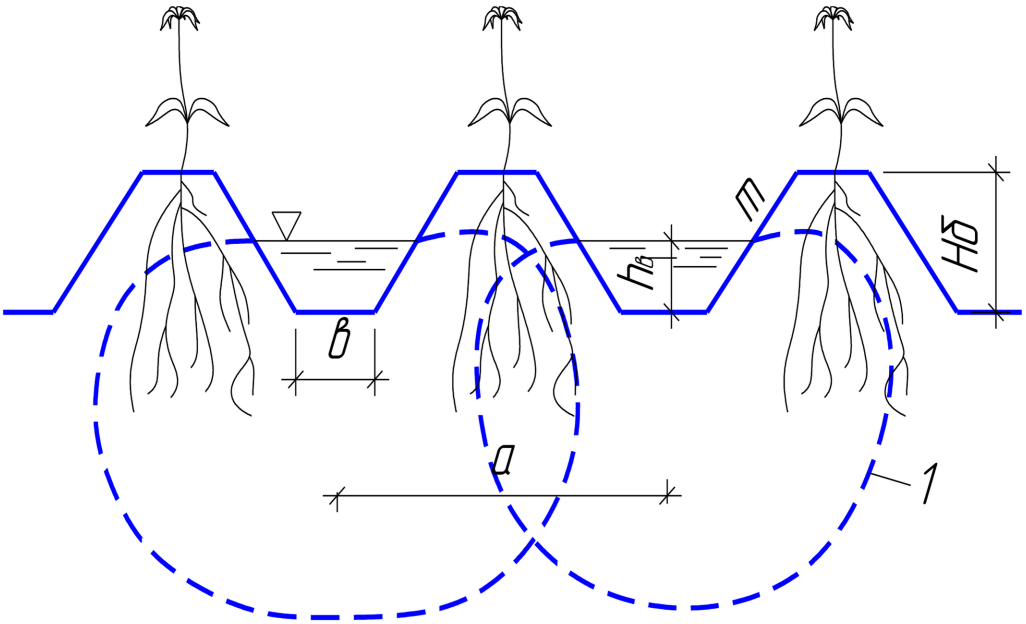


Рисунок 3.6 – Полив по бороздам
1 – контур увлажнения

Равномерное движение воды по борозде описывается формулой Шези $V = C\sqrt{R \cdot i}$. Размывающей является скорость 0,1-0,2 м/с.

Расход воды, подаваемый в борозду, определяется по формуле

$$Q_б = V \cdot w, \qquad (3.14)$$

где $w = h_б (b + m h_в)$ - площадь поперечного сечения;

$q_б = 0{,}1$ - 2 л/с.

Длина борозды определяется расчетом в зависимости от уклона, расхода воды, проницаемости почвы (от 60-80 до 300-400 м).

Время подачи воды в борозду также определяется расчетом и составляет 10-30 час.

б) Полив по полосам

Поперечный разрез полосы приведен на рисунке 3.7. Ширина полосы ($b_п$) принимается кратной ширине захвата сеялки: узкие полосы $b_п$=3,6 и 7,2 м; широкие полосы $b_п$ до 30 м; глубина воды на полосе $h_в$= 5-7 см; высота валика H = 15-30 см. Длина полос – 75-300 м в зависимости от уклона и проницаемости почвы. Полосы направляются по наибольшему уклону, поперечный уклон недопустим.

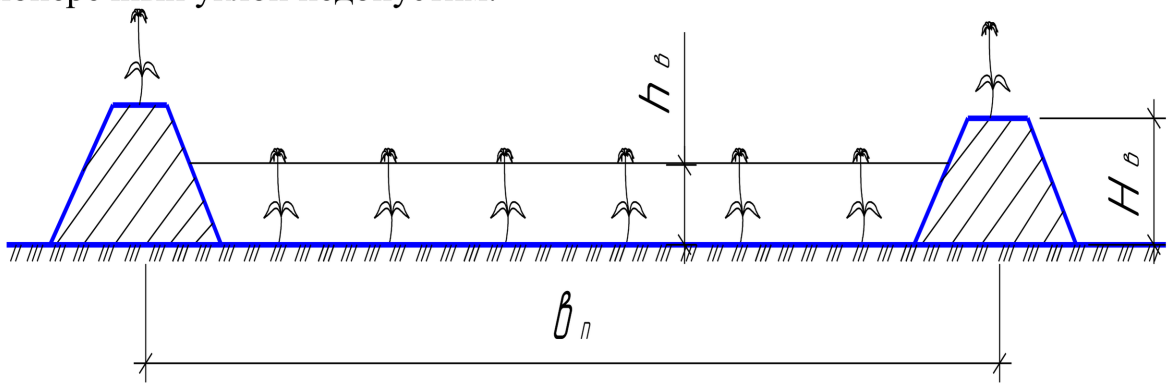


Рисунок 3.7 – Полив напуском по полосам

Увлажнение почвы происходит гравитационным путем. Чтобы исключить сброс воды в конце полосы, подачу ее прекращают, когда вода покроет 80-90% площади полосы. Время подачи воды в полосу и расход определяются расчетом из условий впитывания поливной нормы и неразмывающих скоростей. Расход на 1 пог. м ширины полосы обычно составляет 2-5 л/с.

в) Полив затоплением

Полив затоплением осуществляется по чекам, т.е. участкам, огражденным водоудерживающими валиками высотой 25-30 см. Поверхность чека планируется под горизонтальную плоскость. Чек заполняется водой слоем 5-25 см, увлажнение почвы происходит гравитационным путем.

Площади чеков определяются рельефом и планировкой. При увеличении площади чека возрастают объемы планировочных работ. Точность планировки ± 5 см. Мелкие чеки имеют площадь 2-8 га, крупные чеки - до 50 га. Чеки должны иметь правильную конфигурацию.

С точки зрения качества полива наиболее благоприятным является полив по глубоким бороздам малой струей, так как лучше сохраняется структура почвы, обеспечивается аэрация. Полив затоплением и по полосам ухудшает структуру почвы, воздушный режим.

3.3.2 Способ полива дождеванием

3.3.2.1 Характеристика и условия применения

Полив дождеванием заключается в разбрызгивании воды над поверхностью земли и образовании искусственного дождя.

В настоящее время в РФ дождеванием поливается свыше трети орошаемых земель. По климатическим зонам страны доля дождевания в орошении составляет: в зоне избыточного увлажнения – 90% орошаемых земель, в зоне неустойчивого увлажнения – 53%, в засушливой зоне – 2%.

Достоинствами дождевания являются: механизация полива, возможность автоматизации, повышение производительности труда, равномерность увлажнения почвы по площади, увлажнение воздуха и листьев растений, возможность частых поливов малыми нормами, невысокие требования к планировке поверхности, отсутствие препятствий для механизации сельскохозяйственных работ, высокий коэффициент полезного действия оросительной сети, высокий коэффициент земельного использования, возможность внесения удобрений с оросительной водой, сохранение структуры почвы, уменьшение глубинной фильтрации.

Недостатки дождевания заключаются в потребности металла и заводов-изготовителей техники, в потреблении электроэнергии и горючесмазочных материалов, в необходимости квалифицированного обслуживающего персонала, в высокой стоимости закрытой оросительной сети, сильном влиянии ветра на качество полива, высоком испарении воды, в необходимости очистки воды от наносов.

Орошение дождеванием целесообразно прежде всего:

а) в районах неустойчивого увлажнения, где орошение является дополнением к естественным осадкам;

б) на землях с повышенными уклонами и неоднородным рельефом местности, сложным микрорельефом;

в) на землях с близким залеганием незасоленных грунтовых вод;

г) на землях с просадочными грунтами;

д) при орошении культурных пастбищ.

3.3.2.2 Дождевальные насадки и аппараты

Дождевальные устройства предназначены для образования дождя. Они получают воду под напором из трубопроводов или крыльев дождевальных машин и установок. Дождевальные устройства, не содержащие подвижных, вращающихся частей, называются насадками. Насадки поливают одновременно всю площадь захвата. Дождевальные насадки являются короткоструйными устройствами и бывают различных конструкций – дефлекторные, щелевые, спиральные, кругового и секторного полива и др. (рисунок 3.8, а). Для работы насадок требуются напоры воды H = 10-20 м, расходы Q = 2-10 л/с. Радиусы полива R = 5-15 м. Короткоструйные насадки применяются на дождевальных машинах, работающих в движении, а также при поливах газонов, в теплицах, оранжереях.

Дождевальные устройства с вращающимся стволом называются аппаратами. При поливе аппаратами струя воды перемешается по кругу или по сектору, поливная площадь по частям. Дождевальные аппараты бывают среднеструйные и дальнеструйные. Среднеструйные аппараты работают под напорами H= 20-50 м; с расходами Q = 1,2 - 5 л/с, с радиусом струи R=20-50 м (ХКЗ-4, Роса-1, Роса-2, Роса-3). Дальнеструйные аппараты работают под напорами H = 50-80 м; имеют радиус струи R = 50-80 м с расходами Q = 20 - 100 л/с (ДД-15, ДД-30, ДД-80, ДА-2) (рисунок 3.8, б).

Качество дождя, создаваемого насадками и аппаратами, оценивается крупностью капель и интенсивностью. Крупность капель не должна превышать 2 мм, так как более крупные капли повреждают растения и разрушают почву. Интенсивность – слой дождя в единицу времени – ограничена свойствами почв: на тяжелых (глинистых) – до 0,1-0,2 мм/мин, на средних (суглинистых) – до 0,2-0,5 мм/мин, на легких (песчаных, супесчаных) – до 0,5-1,0 мм/мин.

Дождевальные насадки и аппараты устанавливаются либо непосредственно на гидрантах трубчатой оросительной сети, либо на дождевальных установках, машинах, агрегатах, дождевальные установки, поливающие от напора в оросительной сети, передвигаться самостоятельно не могут.

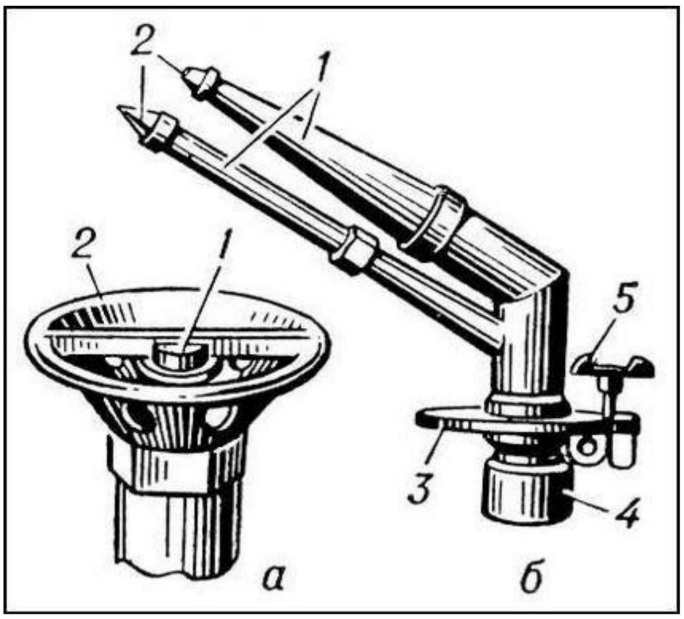


Рисунок 3.8 – Рабочие органы дождевальных машин и установок
а – короткоструйная дефлекторная насадка (1 – дефлектор; 2 - воронка);
б – дальнеструйный дождевальный аппарат (1 – стволы; 2 – сопла;
3 – вращающаяся опора; 4 – трубопровод; 5 - крыльчатка)

3.3.2.3 Дождевальные установки, машины и агрегаты

Дождевальные машины поливают от напора в сети и имеют свой привод для передвижения. Дождевальные агрегаты имеют автономное насосно-силовое оборудование и привод для передвижения. Понятия «установка», «машина», «агрегат» часто для краткости объединяются одним – «дождевальная машина».

Существующие дождевальные машины разнообразны по конструкции, характеристикам, способу передвижения, типу оросительной сети, характеру работы и другим показателям, что позволяет выбирать для полива наиболее подходящие. Наиболее широкое распространение получили следующие дождевальные машины и установки: ДДА-100МА, ДФ-120 «Днепр», ДКШ-64 «Волжанка», ДМ-100 «Фрегат», КИ-50 «Радуга», ДДН-70, ДДН-100 и др.[4, 8, 12, 20].

Дождевальный двухконсольный агрегат ДДА-100МА – это двухконсольная треугольного сечения ферма длиной 110,3 м, опирающаяся центральной частью на трактор ДТ-75М. Работая на поливе агрегат движется по спланированной дороге, расположенной вдоль открытого оросителя. Из оросителя агрегат забирает воду и подает ее в ферму, откуда она поступает к насадкам дефлекторного типа и в виде дождя разбрызгивается по орошаемому участку. Насадки расположены вдоль водопроводящих труб симметрично продольной оси трактора и на равном расстоянии одна от другой. По мере удаления от трактора диаметры проходных отверстий насадок увеличиваются. На агрегате устанавливают 28 насадок диаметром 12 мм, 16 – диаметром 14 мм, 87 – диаметром 14 мм и два концевых аппарата.

При поливе агрегат захватывает полосу шириной 120 м (рисунок 3.9). Расход воды – 130 л/с, слой дождя за один проход – 5-6 мм, допустимый уклон местности – 0,005.

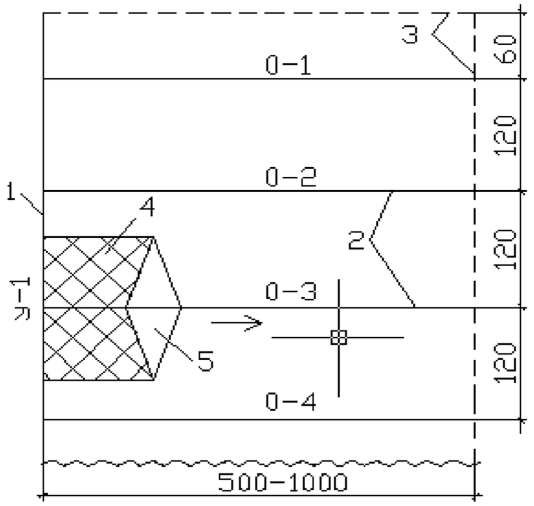


Рисунок 3.9 – Технологическая схема полива ДДА-100 МА

1 - участковый канал; 2 - ороситель; 3 - граница поля; 4 - политая площадь; 5 - дождевальный агрегат ДДА-100 МА

Предназначен для полива овощных, кормовых, зерновых и технических культур. Он движется вдоль канала. Одновременно с поливом можно вносить растворимые минеральные удобрения.

Наиболее существенный недостаток в применении ДДА-100МА – наличие открытой оросительной сети, так как эта сеть занимает 507% орошаемой площади. Открытые оросительные каналы мешают перекрестной обработке полей. Потери воды на фильтрацию и испарение в среднем составляют 5-10%, достигая в отдельных случаях 20%.

Дальнеструйные навесные дождевальные машины ДДН-70 и ДДН-100 предназначены для полива высокостебельчатых сельскохозяйственных культур, а также садов, пастбищ и сенокосов.

Полив – позиционный по кругу или по сектору с забором воды из водоемов, открытых или закрытых оросителей (рисунок 3.10).

ДДН-70 состоит из дальнеструйного аппарата, повышающего редуктора, центробежного насоса со всасывающей линией, механизма вращения и гидроподкормщика. Все узлы дождевателя смонтированы на специальной металлической раме, навешиваемой на трактор ДТ-75. Расход воды – 70 л/с, средний радиус действия без перекрытия 70 м, средняя интенсивность дождя при поливе по кругу с учетом перекрытия – 0,435 мм/мин.

К достоинствам дождевальных машин типа ДДН-70 следует отнести компактность, высокую маневренность, малую металлоемкость, возможность полива любых высокостебельчатых культур. Недостатки: высокая энергоемкость, неравномерность распределения дождя при большой силе ветра, высокая интенсивность дождя.

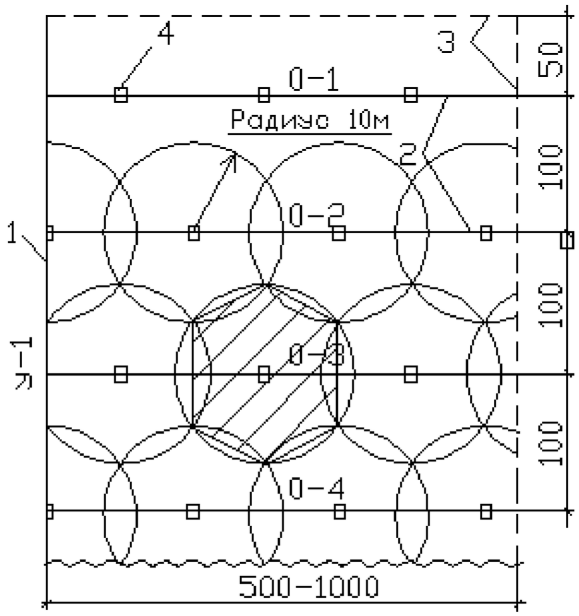


Рисунок 3.10 – Технологическая схема полива ДДН-70

1 - участковый канал; 2 - ороситель; 3 - граница поля; 4 - места стоянок ДДН-70

Дождеватель дальнеструйный навесной ДДН-100 по принципу и схеме работы аналогичен ДДН-70, но является более высокопроизводительным и агрегатируется с энергонасыщенными тракторами Т-150, Т-150К и ДТ-75М. Расход воды 85-115 л/с, радиус полива по крайним каплям 75-85 м (в зависимости от марки трактора).

Дождевальная машина ДМ-100 «Фрегат» (рисунок 3.11) представляет собой самоходную многоопорную автоматизированную дождевальную установку, производящую полив в движении по кругу вокруг неподвижного центра, каким является гидрант закрытой оросительной системы.

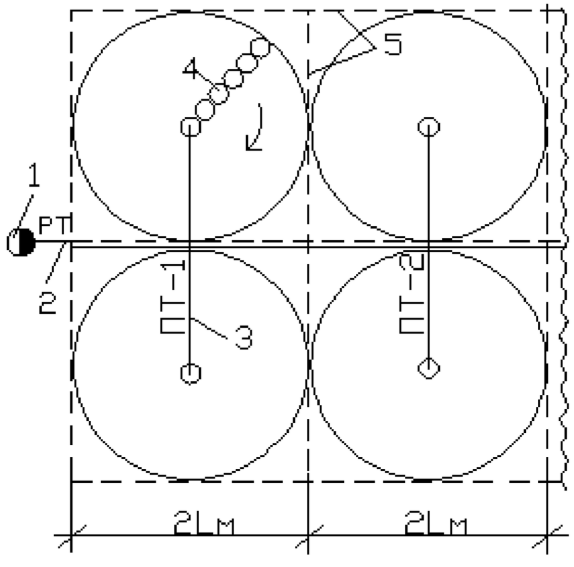


Рисунок 3.11 – Технологическая схема полива машиной «Фрегат»

1 - насосная станция; 2 - распределительный трубопровод; 3 - поливной трубопровод; 4 - дождевальная машина «Фрегат»; 5 - границы полей

Состоит из центральной неподвижной опоры, водопроводящего пояса (трубопровода) со среднеструйными дождевальными аппаратами и сливными клапанами, системы автоматической синхронизации скорости движения и системы механической и электрической защиты установки от поломок. Движение опор осуществляется от гидроприводов за счет энергии воды, идущей на полив.

В зависимости от конкретных условий землепользования применяют машины различных модификаций (ДМУ-А и ДМУ-Б), отличающиеся длиной и расходом; базовая модель имеет 16 опор. При 16 опорах длина машины 453,5 м, расход воды может быть 50, 70 и 100 л/с, площадь полива с одной позиции – 72 га, пределы регулирования поливной нормы – от 240 до 1200 $м^3$/га, время полного оборота – от 50 до 250 часов.

Дождевальная машина ДМ-100 «Фрегат» предназначена для полива сельскохозяйственных культур, а также лугов и пастбищ.

Колесный дождевальный трубопровод ДКШ-64 «Волжанка» предназначен для полива низкостебельных (высотой до 1,2 м) зерновых, технических и овощных культур, многолетних трав, лугов и пастбищ на участках с уклонами не более 0,02.

Работает от гидрантов закрытой оросительной сети или разборного трубопровода с подачей воды от стационарных или передвижных насосных станций. Полив осуществляется позиционно, расстояние между позициями – 18 м (рисунок 3.12). С позиции на позицию машина переезжает при фронтальном перемещении с приводом от двигателя внутреннего сгорания мощностью 3 кВт.

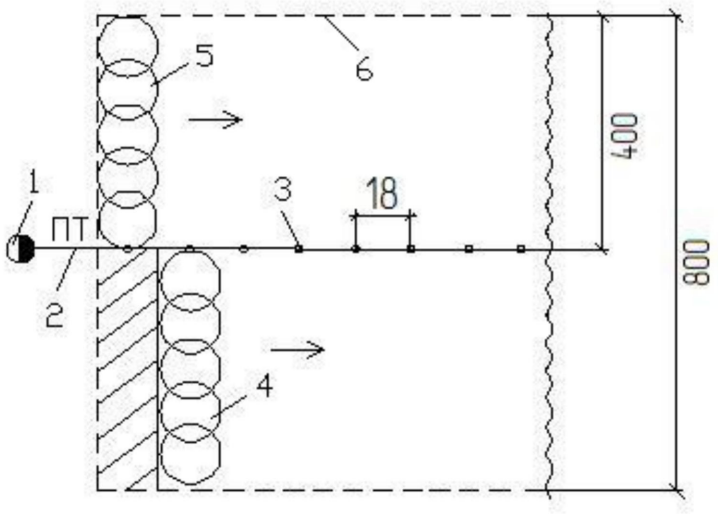


Рисунок 3.12 – Технологическая схема полива машиной «Волжанка»
1 - насосная станция; 2 - поливной трубопровод; 3 - гидрант;
4 - первое крыло машины «Волжанка»; 5 - второе крыло; 6 - граница поля

Трубопровод состоит из двух дождевальных крыльев со среднеструйными дождевальными аппаратами. Оба крыла работают одновременно, независимо друг от друга, и их присоединяют к разным гидрантам. При полной длине крыльев расстояние между трубопроводами равно 800м,

расход воды – 64 л/с, средняя интенсивность дождя с учетом перекрытия – 0,276 мм/мин.

Достоинства ДКШ-64: простота конструкции, малая металлоемкость, хорошее качество дождя. Недостатки: значительные отклонения отдельных секций от прямолинейного движения из-за неровностей рельефа, возможность полива только низкорослых культу, большие пешие переходы при обслуживании, затруднительность ночного полива.

Дождевальный колесный трубопровод ДКГ-80 по конструкции и схеме работы аналогичен «Волжанке». Расстояние между гидрантами 36 м. Оснащен среднеструйными дождевальными аппаратами «Роса-3» с механизмами самоустановки и гидроуправляемыми клапанами для поочередного включения их в работу. В середине крыла установлена тележка с гидроприводом для перекатывания трубопровода с позиции на позицию. Дождеватель имеет три модификации по ширине захвата двух крыльев 800, 600 и 400 м.

Дождеватель фронтальный ДФ-120 «Днепр» (рисунок 3.13) предназначен для позиционного полива зерновых и технических культур, лугов и пастбищ на площадях с уклоном до 0,02. Полив позиционный с питанием от гидрантов закрытой оросительной сети. Расстояние между гидрантами 54 м, между оросителями – 920 м. Расход воды – 119 л/с, напор на гидранте – 43 м.

Водопроводящий пояс установлен на 17 самоходных опорах с приводом от электродвигателей. Питание двигателей осуществляется от электростанции, которая навешена на трактор. На водопроводящем трубопроводе с открылками расположены среднеструйные дождевальные аппараты «Роса-3». Скорость синхронного перемещения машины с электростанцией при смене позиций – 0,49 км/ч.

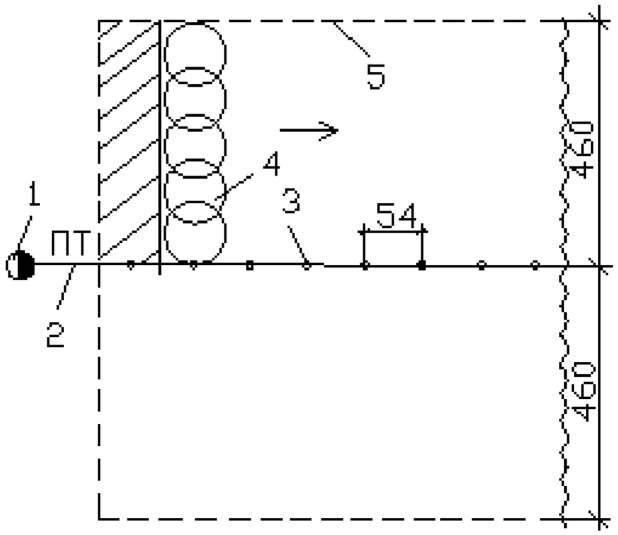


Рисунок 3.13 – Технологическая схема полива машиной «Днепр»
1 - насосная станция; 2 - поливной трубопровод; 3 - гидрант;
4 - машина «Днепр»; 5 - граница поля

Комплект ирригационный КИ-50 «Радуга» – среднеструйная дождевальная установка относится к типу переносных с быстро разборными дождевальными крыльями. Предназначена для орошения овощных, кормовых, технических культур, садов и лесопитомников с подачей воды передвижной насосной станцией СНП-50/80. В состав установки входят передвижная насосная станция, магистральный трубопровод, два распределительных трубопровода и четыре дождевальных крыла, каждое из которых имеет четыре среднеструйных аппарата, расположенных через 36 м друг от друга (рисунок 3.14).

Магистральный трубопровод укладывают на поверхность орошаемого участка на весь оросительный период. Однако КИ-50 может работать и из закрытой стационарной напорной сети. По длине магистрального трубопровода установлены три гидранта с расстоянием между ними 288 м, к которым присоединяются распределительные трубопроводы. На распределительных трубопроводах расположено восемь гидрантов, к которым поочередно присоединяются дождевальные крылья. Расход воды – 50 л/с, средняя интенсивность дождя с учетом перекрытия – 0,23 мм/мин, площадь обслуживаемая за сезон – 50 га.

Оба распределительных трубопровода работают на поливе одновременно. Однако на каждом из них действует только по одному дождевальному крылу, а два других крыла в это время вручную (основной недостаток) переносят на очередные позиции. Дождевальные крылья по отношению к распределительным трубопроводам могут размещаться по двум схемам – двусторонней и односторонней.

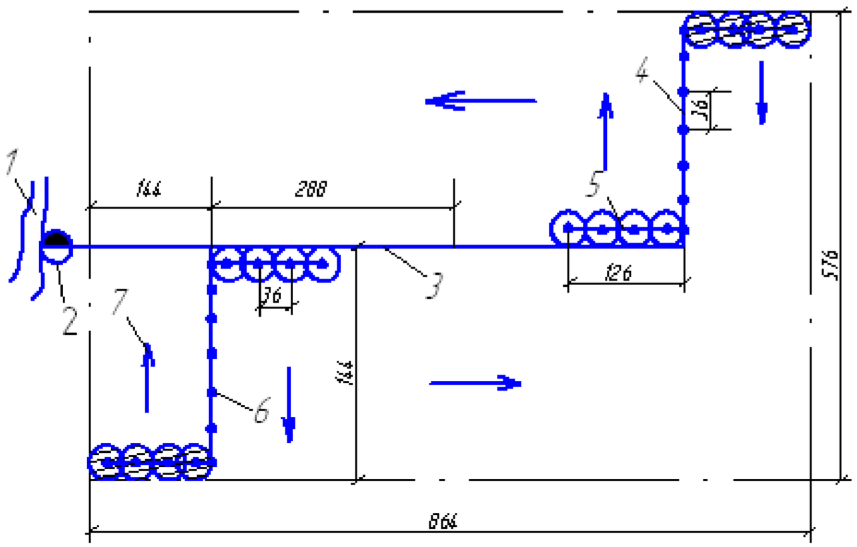


Рисунок 3.14 – Схема комплекта ирригационного КИ-50 «Радуга»
1 – водоисточник; 2 – насосная станция;
3, 4 – магистральный и распределительный трубопровод; 5 – дождевальное кольцо;
6 – гидрант; 7 – направление перемещения дождевального крыла.

3.3.2.4 Обоснование выбора дождевальной техники

При проектировании оросительных систем со способом полива дождеванием обоснование принятой дождевальной техники проводится по ряду природных и хозяйственных условий.

а) Рельеф местности. Уклоны поверхности земли на орошаемом участке не должны превышать допустимые для дождевальной машины или открытой оросительной сети для этой машины. Необходимо учитывать не только общий уклон, но и характер микрорельефа. Для защиты конструкций дождевальных машин от перекоса, искривлений, поломок применяются системы механической и электрической защиты. Созданы модификации широкозахватных машин с гибкими вставками для работы на сложном микрорельефе.

б) Скорость ветра. Работа дальнеструйных аппаратов не обеспечивает равномерный полив при скорости ветра более 5 м/с. Среднеструйные аппараты могут сравнительно хорошо поливать при ветре до 8 м/с. Менее всего влияние ветра сказывается на работе короткоструйных насадок. В дни и часы сильных ветров не рекомендуется производить дождевание. Для местностей с сильными ветрами предложены конструкции дождевальных машин, в которых короткоструйные насадки максимально приближены к поверхности земли.

в) Соответствие интенсивности дождя и свойств почвы. Средняя интенсивность дождя «*p*» для позиционных и медленно передвигающихся машин определяется по формуле

$$p = \frac{60Q}{w} \text{ (мм/мин)} \quad \text{или} \quad p = \frac{3{,}6Q}{w} \text{ (м/ч)} \qquad (3.15)$$

где Q - расход дождевальной машины, л/с;

ω - площадь одновременного охвата дождем, м^2.

Для ДМ «Волжанка» ω =2·400·18=14400 м^2;

Для ДМ ДКГ-80 «Ока» ω =2·400·36=28800 м^2;

для ДМ «Днепр» ω=460·54=24840 м^2;

для КИ-50 «Радуга» ω= 2·144·36=10368 м^2;

для ДМ «Фрегат» ω=L·a,

где L - длина захвата крылом машины, зависящая от ее модификации;

а - средняя ширина полосы дождя, а≈ 40 м.

Для ДДН-70 и ДДН-100 средняя интенсивность дождя определяется с учетом вращения аппарата и перекрытия позиций

$$\omega = \frac{\pi R^2}{\mu}, \qquad (3.16)$$

где R - радиус струи;

μ - коэффициент, учитывающий схему расположения стоянок машины (по квадратам μ = 1,20; по треугольникам μ = 1,54).

Для указанных дождевальных машин, работающих позиционно или в медленном движении, средняя интенсивность дождя должна быть меньше скорости впитывания воды в почву в течение всего полива. Скорость впитывания при дождевании на 15-20% ниже скорости впитывания воды в почву при затоплении поверхности слоем воды 5-10 см и может быть определена по зависимости А.Н. Костякова

$$V^g_t = (0{,}80\ldots0{,}85)\cdot К_1/t^{\alpha} \qquad (3.17)$$

где V_t – скорость впитывания воды в почву в момент времени t от начала процесса, м/ч;

$К_1$ – скорость впитывания в конце первого часа, м/ч;

t – время, ч;

α - параметр, учитывающий свойства почвы и ее влажность;

α=0,2-0,8;

0,80 - 0,85 – снижающий коэффициент.

Продолжительность полива на позиции зависит от поливной нормы и определяется по формуле

$$t_{поз} = \frac{m}{10^4\, p} \qquad (3.18)$$

Если при $t=t_{поз}$ получаем $V_t^q \succ p$, то при поливе нет опасности образования луж и поверхностного стока. При $V_t^q \prec p$ следует принять другую дождевальную машину с меньшей интенсивностью дождя или изменить режим орошения сельскохозяйственной культуры, уменьшив величины поливных норм и увеличив их число.

Для машин, работающих в движении (ДДА-100М, ДДА- 100МА, ЭДФМ «Кубань»), сравниваются слой дождя за проход машины и слой впитавшейся воды за время прохода. Слой впитавшейся воды за время полива дождеванием может быть определен по зависимости для полива затоплением (3.13) с введением понижающего коэффициента

$$h_t^q = \left(0{,}80...0{,}85\right)\cdot K_1 t^{1-\alpha}/(1-\alpha)\text{, м} \qquad (3.19)$$

Слой дождя за один проход дождевальной машины может быть подсчитан так $h_q=W/F$, где W - объем воды, поданный за один проход, F - площадь полива за один проход

$$h_q = 3600 * \frac{Q}{b * V}\text{, мм} \qquad (3.20)$$

где Q - расход дождевальной машины, л/с;

b - ширина захвата, м;

V-скорость движения машины, м/ч.

ЭДМФ «Кубань» подает поливную норму за один проход, т.е. h_q=m/10. Из этого условия определяется необходимая скорость движения машины.

Для машин типа ДДА определяется необходимое число проходов дождевальной машины, обеспечивающее поливную норму

$$n_{пр} = m / 10*h_q \quad (3.21)$$

Время одного прохода равно

$$t_{пр} = L / V \quad (3.22)$$

где L - длина поля для ЭДМФ «Кубань» и длина бьефа (участка работы) для ДДА.

г) Конфигурация участка и размеры полей должны соответствовать, параметрам выбранной дождевальной машины, т.е. быть равны или кратны ширине и длине захвата.

По хозяйственным условиям при выборе дождевальной машины сравниваются:

а) возможности полива всех сельскохозяйственных культур, входящих в севооборот («Волжанка» не может поливать высокостебельные культуры выше 0,9м, большинство машин не пригодно для плодовых культур);

б) стоимости дождевальных машин (зависящие от металлоемкости, сложности конструкций, унификаций деталей и узлов);

в) степень механизации и автоматизации процесса полива определяющая требуемую квалификацию и количество обслуживающего персонала, производительность труда на поливе;

г) энергоемкости машин, влияющие на эксплуатационные затраты;

д) стоимости оросительной сети, зависящие от типа протяженности, коэффициента полезного действия сети;

е) коэффициенты земельного использования, показывающие долю посевной площади в обшей орошаемой.

Сравнение дождевальных машин по указанным выше условиям позволяет выбрать для полива конкретного участка наиболее подходящую.

3.3.2.5 Расчеты полива дождеванием

а) Время стоянки на позиции при различных поливных нормах для дождевальных машин, работающих позиционно («Днепр», «Волжанка», ДДН-70, ДДН-100, «Радуга») определяется по формуле (3.18).

Для дождевальной машины «Фрегат» определяется необходимое время одного оборота, обеспечивающее поливную норму. Соответственно величинам поливных норм от 240 до 1200 $м^3$/га время оборота изменяется от 50 до 250 часов.

Для машин типа ДДА определяется число проходов обеспечивающих требуемые поливные нормы и длину бьефа (участка работы машины) в зависимости от уклона временного оросителя.

б) Производительность дождевальных машин оценивается площадью полива за единицу времени (час, смена, сутки, сезон) и определяется по формулам

$$F_{см} = 3,6*Q*t_{см}*\beta_{см}/K_{исп}*m \quad (3.23)$$

$$F_{сут} = 3,6*Q*t_{сут}*\beta_{сут}/K_{исп}*m \quad (3.24)$$

$$F_{сез} = 86,4*Q*T*\beta_{сез}*c/K_{исп}*M \quad (3.25)$$

где $F_{см}$, $F_{сут}$, $F_{сез}$ измеряются в га;

Q - расход дождевальной машины, л/с;

$t_{см}$, $t_{сут}$ - время работы машины за смену и сутки, час;

T - продолжительность поливного сезона, сут;

$\beta_{см}$, $\beta_{сут}$, $\beta_{сез}$ - коэффициенты использования рабочего времени за смену, сутки, сезон;

$K_{исп}$ - коэффициент испарения дождя, $K_{исп}$ = 1,1-1,3;

m - поливная норма, $м^3$/га;

M - оросительная норма, $м^3$/га;

C = $t_{сут}$/24.

В зоне с периодическими засухами сезонная производительность определяется также для напряженного периода полива ($t_{напр}$)

$$F_{сез}^{напр} = F_{сут} * t_{напр} * \frac{\beta_{сез}}{\beta_{сут}} \quad (3.26)$$

В расчете принимается меньшее значение

в) Число дождевальных машин, необходимое для полива участка площадью нетто $F_{НТ}$

$$N_{DM} = \frac{F_{НТ}}{F_{сез}} \quad (3.27)$$

где $F_{сез}$- минимальная сезонная производительность дождевальной машины.

При сложном рельефе участка, наличии препятствий для перехода машин с поля на поле приходится увеличивать число машин на участке для сокращения переходов. Число ДМ «Фрегат» принимается из условия работы машины не более чем на двух позициях из-за трудностей перехода с позиции на позицию.

г) Число дождевых машин на одном поле определяется из условия полива в заданный срок t, определяемый режимом орошения сельскохозяйственных культур

$$n_{DM} = \frac{F_{поля}^{НТ}}{F_{сут} t} \quad (3.28)$$

где $F_{поля}^{НТ}$ - площадь нетто поля, га;

t – требуемая продолжительность полива, сут.

д) Количество обслуживающего персонала для дождевальных машин на участке

$$N = p * S * N_{DM}\ ,\ \text{чел}, \qquad (3.29)$$

где Р - обслуживающий персонал на одну машину в смену, чел;

S - число смен работы.

Способ полива дождеванием позволяет осуществлять частые поливы малыми нормами, что лучше удовлетворяет потребностям растений. Поливная норма при дождевании обычно составляет 300-600 м^3/га. Уменьшение поливных норм увеличивает число поливов и потери времени для перемещений с позиции на позицию. Увеличение поливных норм ограничивается впитывающей способностью почвы. Ордината графика гидромодуля должна быть увязана с максимальными расходами ДМ, чтобы расход, подаваемый участок, был кратен расходу ДМ

$$Q_{HT}^{c/o} = q_{c/o} * F_{HT}^{c/o} = n * Q_{DM} \qquad (3.30)$$

где n- число одновременно работающих ДМ на севообороте.

Продолжительность полива не может произвольно изменяться путем изменения подаваемого расхода воды. Она определяется только производительностью дождевальной машины и поливной нормой. При этом расход воды, подаваемый на участок, должен быть кратным расходу дождевальной машины.

При допустимых общих уклонах местности для выбранной дождевальной машины капитальные планировки не проводятся. Для ликвидации мелких повышений и понижений, вызывающих местное перераспределение стока и образование луж, выполняется предпосевное выравнивание поверхности полей

При дождевании из открытой оросительной сети (ДДА; ДДН, "Кубань") капитальные планировки выполняются вдоль трасс каналов и оросителей.

При необходимости проведения на полях капитальной планировки должны выполняться условия сохранения плодородия почв. Капитальные планировки существенно увеличивают стоимость строительства оросительных систем.

3.3.3 Импульсное и мелкодисперсное дождевание

Орошение *импульсным дождеванием* осуществляется прерывистым выплеском небольших порций воды с помощью специальных среднеструйных дождевальных аппаратов. Эти аппараты, помимо сопла для распыления воды, оснащены гидроаккумулятором (водо-воздушным баком) и автоматически действующим запорным клапаном. Клапан срабатывает для выплеска очередной порции воды при повышении давления до определенного предела или по сигналам с пульта управления. Выплеск воды череду-

ется с паузами накопления ее в гидроаккумуляторе. Режим работы импульсных аппаратов позволяет уменьшить расход воды до 0,1-2 л/с в поливном трубопроводе, снизить его диаметр до 12-30 мм и уменьшить среднюю интенсивность дождя до 0,01-0,002 мм/мин. Импульсное дождевание применимо на любых по водопроницаемости почвах и на повышенных уклонах местности.

Применяют две технологические схемы импульсного дождевания: ежедневное - в жаркие часы суток нормой, близкой к суммарному суточному водопотреблению, и периодическое - увлажнение почвы в режиме обычного дождевания расчетными поливными нормами.

Применение импульсного дождевания повышает урожай чая на 50-70%, капусты на 100% по сравнению с обычным дождеванием.

Мелкодисперсное (аэрозольное) дождевание заключается в создании облака мелкораспыленной воды с диаметром капель 300-500 микрон с помощью туманообразующих установок. Этот способ орошения является дополнением к обычному дождеванию и служит для регулирования микроклимата над полем в жаркие часы суток. Подача распыленной воды с расходом 100-400 л/га позволяет за 1,5-2,0 ч снизить температуру воздуха на 6-12°С и повысить его влажность. Этот прием резко увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур, улучшает качество продукции при значительном (на 40-50%) сокращении затрат воды. Особенно эффективен в засушливый период при высокой влажности почвы.

Мелкодисперсное орошение успешно применяется в теплицах, оранжереях; испытывается на чайных плантациях и других культурах. Однако, оно пока не нашло широкого производственного применения из-за несовершенства конструкций.

3.3.4 Внутрипочвенное орошение (ВПО)

При внутрипочвенном способе полива вода подается непосредственно в корнеобитаемую зону по внутрипочвенным увлажнителям и поступает в почву за счет ее всасывающей силы или под небольшим (до 1 м) напором (рисунок 3.15).

Внутрипочвенные увлажнители получают воду из открытых каналов или трубопроводов и бывают постоянные и временные. Постоянные закладываются в почву на весь срок службы, временные устраиваются только на сезон полива. По конструкции увлажнители бывают трубчатые из кротовые.

Постоянные трубчатые увлажнители выполняются из пористых труб, пластмассовых перфорированных или глухих коротких труб с зазорами в стыках. Они укладываются на глубину 40-50 см с расстояниями 0,7-2,0м, в зависимости от свойств почв и вида растений, уклонами 0,002-0,004, имеют диаметры 50-75мм, длину 50-200 м.

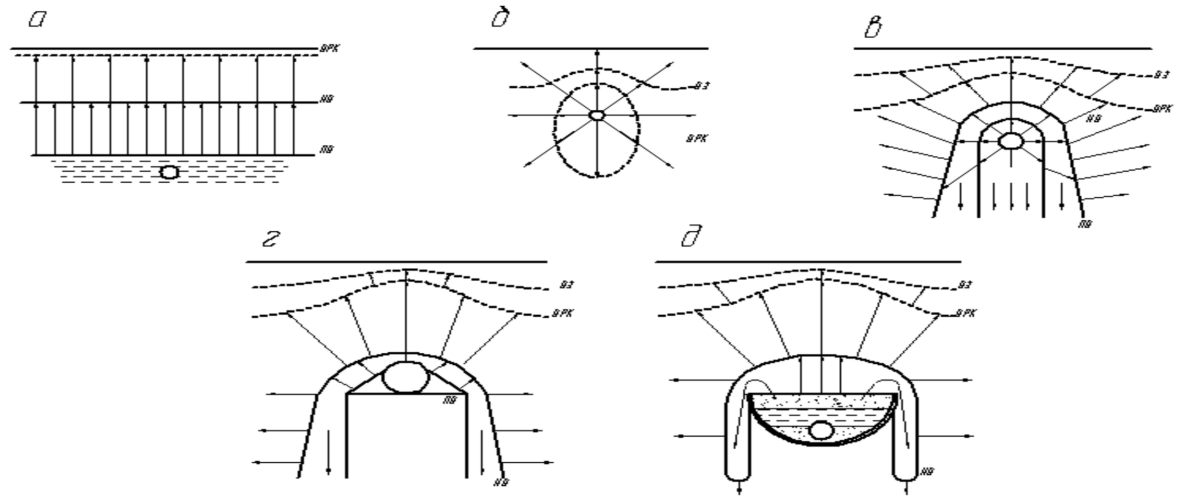


Рисунок 3.15 – Схемы распределения влаги из увлажнителей
а – при регулировании уровня грунтовых вод; б – подача воды из пористых увлажнителей капиллярным способом; в – напорная подача воды через щели в стыках; г – распределение влаги при наличии водоупора; д – подача воды из желоба открытой абсорбционной системы; ВЗ – влажность завядания; ВРК – влажность разрыва капилляров; НВ – наименьшая влагоемкость; ПВ – полная влагоемкость

Для временных увлажнителей применяются полиэтиленовые трубки из мелкопористого материала. Они укладываются на глубину 15-30 м с расстояниями 0,3-0,5м. имеют диаметры 16-20 мм, длину до 100 см. Укладка таких увлажнителей производится, весной перед посевом специальными машинами, после уборки урожая трубки убираются.

Кротовые увлажнители выполняются кротовыми машинам. Они имеют диаметры 30-50 мм, длину 50-200 м, устраиваются на глубине 0,4-0,5 м с уклонами 0,002-.0,004 расстояниями 0,7-2,0 м. Испытываются способы закрепления стенок кротовин.

Вместе с водой по внутрипочвенным увлажнителям можно подавать растворенные удобрения. Внутрипочвенный способ полива является наилучшим по санитарно-гигиеническим условиям для орошения сточными водами.

Достоинствами ВПО являются: сохранение структуры и аэрации почвы, отсутствие открытой сети на поливном участке, автоматизация полива, снижение затрат рабочей силы на полив, уменьшение числа обработок почвы.

В качестве недостатка можно отметить: недоувлажнение верхних 5-7 см слоя почвы, что сокращает всходы, особенно в районах с сухой весной; на землях, склонных к засолению, ВПО способствует поднятию солей из подпахотного горизонта; трудность контроля за работой увлажнителей и частые заиления их; значительные потери воды, на глубинную фильтрацию из-за гравитационного опускания контура увлажнения; высокая стоимость.

3.3.5 Капельный способ полива

При капельном орошении вода подается к корням растений в течение всей вегетации в соответствии с водопотреблением растений малым расходом. Система капельного орошения состоит из насосной станции, магистрального и распределительных трубопроводов и поливных трубопроводов с капельницами. Поливные трубопроводы диаметром 16-30 мм идут вдоль рядов растений над землей на 15-30 см, на них устанавливаются капельницы одна на 1-2 растения (рисунок 3.16).

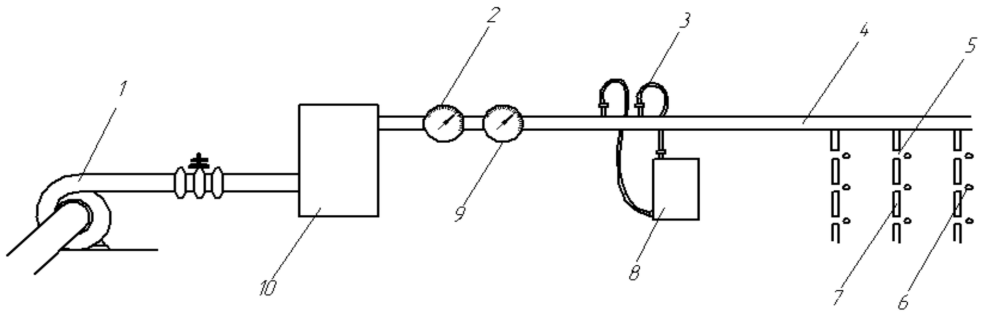


Рисунок 3.16 – Капельное орошение

1 – насос; 2 – водомер; 3 - инжектор; 4 – магистральный трубопровод; 5 – капельница; 6 – растения; 7 – распределитель; 8 – бак-смеситель удобрений; 9 – манометр; 10 – фильтр

Капельницы – это устройства с фильтрами и микротрубками диаметром 0,3-2,0 мм, подающие воду равномерно падающими каплями. Выпускаются капельницы различных конструкций; "Молдавия-1", «Украина-1», «Таврия-1», «ВНИИводполимер-3», «Коломна-1» и др.

Существуют саморегулирующиеся и самоочищающиеся капельницы. Конструкции их совершенствуются. Расход одной капельницы 1-9 л/час, суточная норма полива составляет 15-40 м /га, ордината гидромодуля 0,25-0,30 л/с на га.

Системы капельного орошения работают автоматизировано. Они могут быть отлажены на различные режимы: синхронно с ходом водопотребления, на среднесуточное водопотребление, поочередную подачу воды отдельным участкам и т.д.

Капельное орошение применяется, в основном, на виноградниках, плодовых и кустарниковых культурах.

Достоинствами капельного способа полива являются: отсутствие потерь воды на фильтрацию и испарение из сети, экономия воды на 30-50%, сохранение структуры и лучшего воздушного режима почвы, соответствие режима орошения и режима водопотребления, отсутствие опасности подъема грунтовых вод и засоления почв, автоматизация полива, отсутствие сорняков.

К недостаткам можно отнести: повышенные требования к качеству воды, несовершенство капельниц, высокая стоимость системы, препятствия для обработки почвы, вывоза урожая и других сельскохозяйственных работ.

3.4 Оросительная сеть

3.4.1 Назначение оросительной сети и требования к ней. Организация орошаемой территории

Оросительная сеть предназначена для подачи воды от головного водозабора на источнике орошения к элементам техники полива. К оросительной сети предъявляются требования: обеспечите, плановую водоподачу, быть увязанной с административным делением территории, соответствовать организации территории, не препятствовать механизации сельскохозяйственных и водохозяйственных работ, обладать высоким техническим уровнем, иметь минимально возможные протяженность, стоимость, эксплуатационные затраты, учесть требования других отраслей народного хозяйства (энергетики судоходства, рыболовства, водоснабжения, промышленности).

Оросительная сеть бывает открытой, закрытой, комбинированной. Проектирование оросительной сети начинается с размещения ее в плане, что выполняется в зависимости от организации территории, типа сети, техники полива.

Под организацией территории понимается назначение постоянных границ сельскохозяйственных угодий (хозяйств и их отделений, усадьб, севооборотных и поливных участков, полей).

Вся площадь в границах рассматриваемой территории называется валовой. Она включает орошаемые площади брутто, неорошаемые сельскохозяйственные угодья, неиспользуемые земли.

Орошаемая площадь брутто ($F_{бр}$) состоит из орошаемой площади нетто и площади отчуждений под каналы, дороги, лесополосы, гидросооружения. Орошаемую площадь нетто ($F_{нт}$) составляют поливные посевы и насаждения. Степень полезного использования орошаемых земель характеризуется коэффициентом земельного использования

$$КЗИ = \frac{F_{нт}}{F_{бр}} \qquad (3.31)$$

В зависимости от типа оросительной сети КЗИ = 0,85-0,92.

Границы землепользований назначаются в соответствии с естественными границами (реки, овраги, лес), административными границами, населенными пунктами, железными и шоссейными дорогами, государственными трубопроводами, линиями электропередач, крупными каналами. Границы должны быть по возможности прямолинейными, конфигурация площадей – правильной.

Новую усадьбу (поселок) желательно располагать в центре землепользований, в благоприятных строительно-планировочных, почвенных, гидрогеологических и санитарных условиях с источником водоснабжения.

Пахотная площадь разбивается на севооборотные участки. В зависимости от типа севооборота участки имеют площадь от 150 до 1000 га.

Площади параллельных севооборотных участков не должны отличаться более чем на 10%. Севооборотный участок состоит из 3-10 полей в зависимости от состава севооборота. Площади полей не должны различаться более 10%. Конфигурация полей желательна прямоугольная, трапециевидная. Неправильная конфигурация допускается при сложном рельефе и сложных естественных границах. Длины сторон поля должны обеспечивать оптимальную длину гона сельскохозяйственной техники (не менее 500м), соотношение сторон должно быть не более 3. Длины сторон поля обязательно увязываются с размерами элементов техники полива – длиной поливных борозд и полос, шириной и длиной захвата дождевальных машин.

3.4.2 Открытая оросительная сеть

Открытая оросительная сеть состоит из каналов в земляном или облицованном русле или из лотковых каналов. Особенностью этой сети является полная зависимость от рельефа местности. Основными условиями ее проектирования в плане являются обеспечение положительных уклонов по трассе и командование старших каналов над младшими. При поверхностном и внутрипочвенном способах полива необходимо также командование (превышение) уровня воды в канале над поверхностью земли.

От источника орошения до каждого поля вода подается *постоянной оросительной сетью*, которая проектируется по границам орошаемых площадей. На полях открытая оросительная сеть является временной и не мешает проведению сельскохозяйственных работ.

Постоянным являются магистральные, межхозяйственные и внутрихозяйственные каналы. Магистральный канал (МК) подает воду от головного водозабора до массива орошения. Трасса МК намечается из условий командования над орошаемой площадью, устойчивости русла, экономичности и в соответствии с геоморфологией местности.

Для выполнения условий командования, устойчивости русла экономичности крупные МК обычно трассируются, т.е. вписываются с определенным уклоном в рельеф местности. Оптимальные уклоны для МК равны 0,0003-0,0005. Трасса намечается отрезками разной длины так, чтобы разность отметок начала и конца каждого отрезка обеспечивала заданный уклон МК.

Возможны два направления трассирования – при заданном месте водозабора и при заданной площади орошения. В первом случае место водозабора выбирается из условий комплексного использования водных ресурсов, удобства строительства плотины, водохранилища, головного сооружения и т.п.

Территория, подкомандная МК, составляет зону самотечного орошения, выше МК орошение возможно, но только при механическом водоподъеме.

При заданной площади орошения трассирование производится от командующей точки этой площади. При подходе МК к реке сравниваются

возможные варианты водозабора: 1) самотечный бесплотинный водозабор, если уровень воды в реке выше уровня воды в МК; 2) плотинный самотечный водозабор, механический водоподъем (насосная станция) или перенос водозабора выше по течению, если уровень воды в реке ниже уровня воды в МК. Выше по течению возможно устройство бесплотинного самотечного водозабора с продлением МК вдоль реки.

Продленный участок МК называется головным. На пологих равнинах, где $i_{реки}$ мал, требуется большая длина головной части МК. При небольших площадях орошения более целесообразен механический водоподъем из реки в МК. Участок МК, подающий воду транзитом к массиву орошения, называется холостой частью МК; участок МК, раздающий воду в младшие каналы - рабочей частью МК. Для головной и холостой частей МК не требуется командование над территорией, для рабочей части МК при самотечном поливе командование необходимо.

Трасса МК может встречать резкие изменения рельефа - возвышенности, понижения. На головной и холостой части МК возвышенности и понижения пересекаются или обходятся трассой МК. Понижения могут быть преодолены трассой МК в обход, в насыпи, в дюкере, в акведуке, при этом вариант выбирается из технико-экономического сравнения.

Межхозяйственные распределители (МХР) подают воду от МК к командующим отметкам хозяйств. Они проектируются по границам хозяйств по возможности меньшей протяженности и с наименьшим числом водовыделов в каждое хозяйство.

К постоянной внутрихозяйственной сети относятся хозяйственные, севооборотные, участковые и усадебные каналы. Они подают воду от хозяйственного водозаборного сооружения до поливного участка. Внутрихозяйственные каналы проектируются в плане с учетом следующих требований: проходить по границам, командовать над подвешенной территорией при самотечном способе полива, иметь положительный уклону трассы, обеспечить независимую подачу воды каждому севооборотному участку и усадьбе, иметь, наименьшую возможную протяженность.

Открытые постоянные каналы всех порядков в различных облицовках или лотках проектируются в плане по тем же правилам, что и каналы в земляном русле, но допускают более значительные уклоны, так как в них меньше опасность размыва русла.

Открытая сеть на поле является временной: она нарезается ежегодно перед поливным сезоном и исправляется перед каждым поливом. Расположение временной сети на поле согласовывается с техникой полива.

При поверхностном способе полива сеть на поле состоит из временных оросителей и выводных борозд, которые располагаются по продольной или поперечной схеме (рис. 3.17, а, б) в зависимости от направления полива (направления поливных борозд).

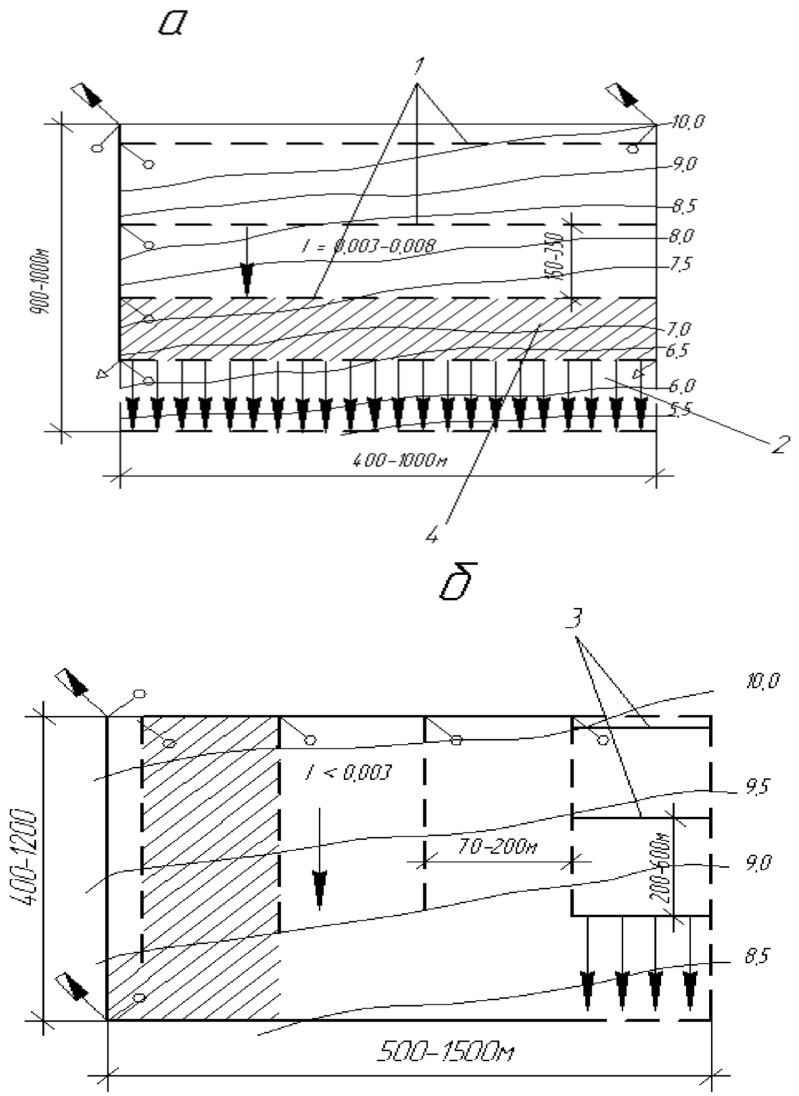


Рисунок 3.17 – Временная оросительная сеть

а – схема поперечного сечения; б – схема продольного расположения;
1 – временные оросители; 2 – поливные борозды (полосы); 3 – выводные борозды;
4 – площадь подкомандная временному оросителю

При дождевании из открытой сети расстояния между временными оросителями должны соответствовать ширине захвата дождевальной машины: для ДДА-100М, ДДА-100МА – 120 м, для ДДН-70 – 90-100 м, для ДДН-100 – 100-110м.

Временная сеть на поле имеет сравнительно невысокую стоимость, однако она создает помехи для механизации сельскохозяйственных работ, потери полезной площади 2-4%, имеет потери воды на фильтрацию 4-5%, требует затрат труда на нарезку и заравнивание.

В целом, достоинствами открытой оросительной сети являются доступность для наблюдений за работой, для ухода, ремонта, эксплуатации и наименьшая стоимость по сравнению с другими типами сети. К недостаткам следует отнести снижение коэффициента земельного использования, низкий коэффициент полезного действия сети, зависимость от рельефа,

трудность автоматизации управления работой сети, высокие затраты на ремонт и обслуживание.

3.4.3 Трубчатая и комбинированная оросительная сеть

Трубчатая оросительная сеть состоит из трубопроводов, подающих воду от источника орошения к элементам техники полива. По сравнению с открытой сетью трубчатая сеть имеет следующие преимущества: отсутствие потерь воды на фильтрацию и испарение (высокий КПД), отсутствие помех при механизации сельскохозяйственных работ, возможность применения при любом рельефе, благоприятные условия для автоматизации управления работой, возможность использования естественного напора при больших уклонах местности. Недостатками трубчатой сети являются: потребность в трубах, энергии при недостаточности естественного напора, высокие капиталовложения.

Трубчатая оросительная сеть бывает стационарной, передвижной, полустационарной.

Стационарная (закрытая) сеть состоит из подземных трубопроводов. Это наиболее совершенная оросительная сеть, позволяющая полностью автоматизировать управление ее работой и применить любую технику полива. Она характеризуется наименьшими затратами ручного труда, но наибольшей стоимостью.

Передвижная сеть состоит из разборных надземных или наземных трубопроводов, которые могут демонтироваться и перемещаться с участка на участок. Стоимость этой сети ниже, но затраты ручного труда высоки. Наиболее целесообразно применять передвижную сеть в зонах достаточного и неустойчивого увлажнения, где поливы не часты и проводятся не для всех сельскохозяйственных культур. Примером передвижной трубчатой сети является разборный ирригационный комплект для полива дождеванием КИ-50 «Радуга».

Полустационарная сеть включает закрытые стационарные и надземные передвижные трубопроводы. Применение разборных трубопроводов сокращает протяженность закрытой сети, что снижает затраты на строительство системы. Однако повышаются затраты ручного труда.

Расположение трубчатой оросительной сети в плане должно увязано с организацией территории и техникой полива. Составными элементами сети являются магистральные (главные) трубопроводы (МТ, ГТ), распределительные трубопроводы различных порядков (РТ) и поливные трубопроводы (ПТ). На крупных оросительных системах выделяются хозяйственные и межхозяйственные трубопроводы.

Магистральные, или главные, трубопроводы подают воду от головного сооружения на источнике орошения к орошаемому участку. Они обычно проектируются по кратчайшему расстоянию, границам сельхозугодий, вдоль дороги.

Распределительные трубопроводы подают воду от МТ (ГТ) к поливным трубопроводам. Они проектируются по границам полей и наименьшей возможной протяженности.

Поливные трубопроводы проходят по полям и подают воду к элементам техники полива. Расположение ПТ увязывается с параметрами техники полива.

Все трубопроводы следует проектировать по возможности наименьшей длины. Элементы, имеющие наибольшую протяженность, целесообразно проектировать по наибольшему уклону местности. Применяется попарное кольцевание трубопроводов, длина которых более чем в два раза превышает расстояние между ними. Кольцевание повышает надежность работы сети и позволяет уменьшить диаметры труб.

По взаимному расположению РТ и ПТ различают односторонние и двухсторонние схемы (рисунок 3.18). Выбор варианта расположения трубопроводов определяется экономическим сравнением вариантов.

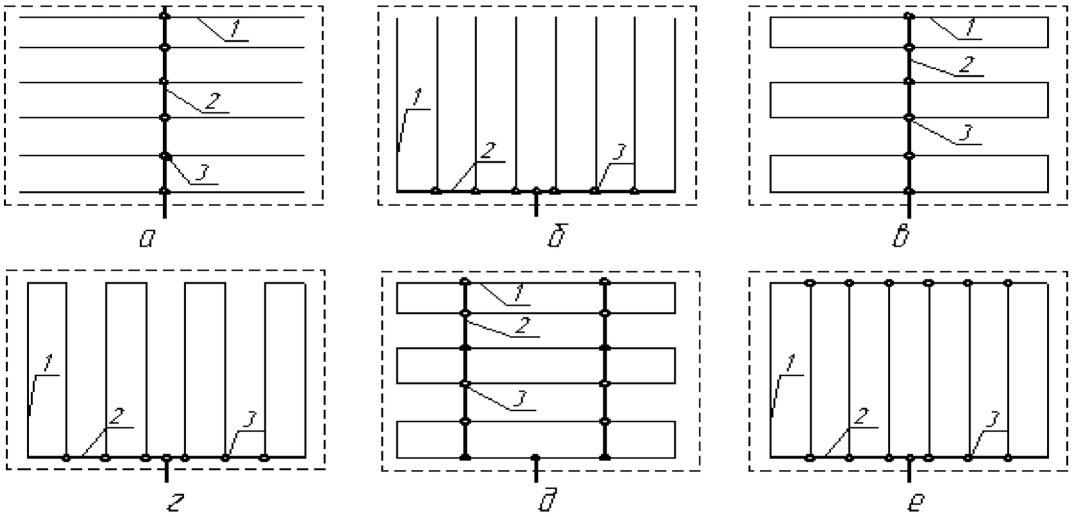


Рисунок 3.18 – Схемы расположения стационарных трубопроводов
а, б – схемы расположения тупиковых трубчатых оросителей;
в, г, д, е – закольцованные трубчатые оросители; 1 – трубчатый ороситель;
2 – распределитель; 3 – колодец

Расстояние между ПТ и размещение на них гидрантов-водовыпусков зависит от техники полива. При поверхностном способе полива учитываются длины выводных и поливных борозд.

Расположение поливных трубопроводов и гидрантов на них при поливе дождеванием определяется шириной и длиной захвата дождевальной машины. Для широкозахватных дождевальных машин «Фрегат», «Днепр», «Волжанка» применяется стационарная трубчатая сеть с расстояниями между ПТ равными двойной ширине захвата машины, расстояния между гидрантами равны длине захвата машины. Для машин ДДН-70, ДДН-100 расстояния между стоянками должны учитывать перекрытие зон полива, с таким условием назначаются параметры стационарной или полустационарной сети.

В *комбинированной сети* сочетаются элементы различных конструкций – открытые каналы и трубопроводы. Обычно такая сеть применяется на крупных системах, включающих площади с разными природными и хозяйственными условиями. На таких системах могут быть представлены и различные способы полива. Оптимальный вариант сочетания различных конструкций и типов оросительной сети определяется на основе технико-экономического сравнения вариантов. Чаще трубчатыми выполняются младшие элементы внутрихозяйственной оросительной сети.

Комбинированные различных элементов оросительной сети в одной системе позволяет повысить коэффициент полезного действия сети и земельного использования, полнее учесть особенности рельефа, почвенных условий, организационно-хозяйственные требования, достигнуть наибольшей экономической эффективности.

3.5 Конструкции элементов оросительной сети

Все составные элементы оросительной сети должны обеспечивать пропуск расчетных расходов при минимальных потерях воды, необходимое командование над поверхностью земли и младшими элементами сети, устойчивость конструкции, соответствие параметрам строительных машин и механизмов автоматизации управления работой.

3.5.1. Каналы в земляном русле

Форма поперечного сечения каналов в земляном русле принимается, в основном, трапецеидальной как наиболее удобной для строительства и эксплуатации. Крупные каналы могут иметь параболическую и полигональную форму. Применяются также сложные сечения.

По расположению относительно поверхности земли различают следующие виды сечений: в полувыемке-полунасыпи, в насыпи, в неглубокой выемке, в глубокой выемке, на склоне (рисунок 3.19) [8].

Сечение в полувыемке-полунасыпи применяется в рабочей части оросительных каналов при необходимости, обеспечить командование, то есть превышение уровня воды в канале над поверхностью земли.

Сечение в насыпи применяется при пересечении трассой канала пологих понижений и для создания командования при малых уклонах местности. Для создания насыпи устраиваются резервы.

Сечение в неглубокой выемке встречается на холостой части магистральных и межхозяйственных каналов, на оросительной сети при поливе дождеванием, т.е. в случаях, где не требуется командование уровня воды над поверхностью земли.

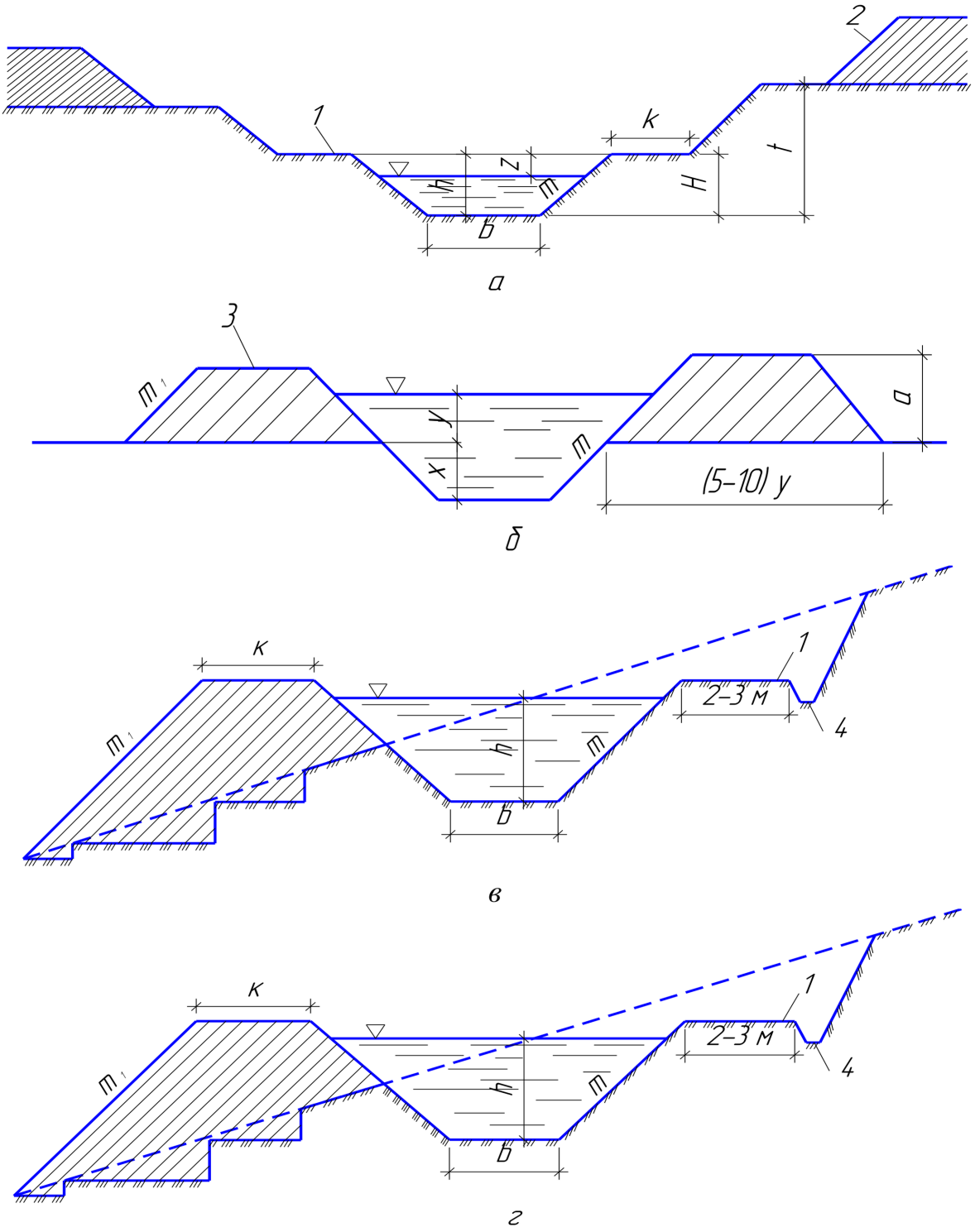


Рисунок 3.19 – Конструкции каналов

а – в выемке; *б* – в полувыемке-полунасыпи; *в* – в насыпи; *г* – на склоне;
1 – берма; 2 – кавальер; 3 – дамба; 4 – нагорный канал

Сечение в глубокой выемке характерно для головных участков магистральных каналов. По высоте откосов через 4-6 м устраиваются бермы шириной 2-4 м (без дороги). Ширина бермы под дорогой определяется классом дороги. На поверхности земли вдоль канала устраиваются отвалы грунта.

В сечениях канала на склоне необходимо укреплять низовую дамбу путем устройства «зубьев», живое сечение канала размещать в коренном грунте, выше оросительного канала устраивать нагорный канал для перехвата поверхностного потока со склона.

Основные параметры перечисленных поперечных сечений каналов b и h определяются гидравлическим расчетом. Остальные размеры принимаются по СНиП и ТУ (технические указания) в зависимости от водно-физических и механических свойств грунта, расхода воды в канале, назначения канала, условий эксплуатации.

3.5.2. Каналы в облицовке и с экранами

Облицовкой, покрытием, одеждой канала называют слой непроницаемого материала, уложенный по поверхности дна и откосов канала. Этот слой имеет два назначения: укрепляет русло канала, защищая его от разрушений, и уменьшает фильтрацию воды из канала.

Экраном называют слой непроницаемого материала, уложенный под защитным слоем грунта и уменьшающий фильтрацию воды из канала.

Форма облицованных каналов применяется в основном трапецеидальная.

Бетонные и железобетонные покрытия каналов – наиболее распространенный вид покрытий. Он устраивается из монолитного или сборного бетона и железобетона. Бетон, используемый для одежд каналов должен быть приготовлен на портландцементе марки не ниже 600, пластифицированный, гидрофобный, сульфатостойкий, с крупностью заполнителя не более 1/3 толщины покрытия.

Толщина одежды определяется заложением откосов. Она составляет от 6 до 20 см. При низких отрицательных температурах, повышенных скоростях воды в канале, наличии взвешенных наносов в воде, ручном способе производства работ, длинном откосе толщина облицовки увеличивается.

Заложение откосов должно быть не менее 1,5 и соответствовать углу естественного откоса грунта, чтобы не было давления грунта на облицовку. Бели это условие не соблюдается, то облицовка рассчитывается на прочность и устойчивость, как наклонная подпорная стенка.

Для предотвращения температурных деформаций бетона устраиваются поперечные и продольные температурные швы через 2-5 м.

Бетонные и железобетонные покрытия укладываются на специально подготовленное основание из песка или гравия толщиной 10-20 см. На лессовых и лессовидных грунтах перед бетонированием производится длительное замачивание русла для провоцирования просадок.

Для предотвращения размыва и вымыва грунта основания и замерзания воды за облицовкой необходимо предусматривать отвод воды из-под облицовки. С этой целью за облицовкой внизу откоса или под дном канала устраивается дренаж.

Укладка монолитного бетона может осуществляться механизированно или вручную с доставкой бетона на небольшие расстояния или приготовлением его на месте. Армирование бетона производится проволочной сеткой или стержнями диаметром 9-12 мм. Армирование позволяет уменьшить толщину облицовки на 20-30% и количество температурных швов. На неустойчивых грунтах и на крутых склонах армирование обязательно.

В настоящее время все большее распространение получают сборные железобетонные покрытия, облегчающие изготовление, доставку и укладку покрытий.

Процесс бетонирования каналов почти полностью механизирован.

Достоинствами бетонных и железобетонных облицовок каналов являются их прочность, надежность, механизированные способы строительства. Недостатками – многочисленные швы, разрушения и трещины при неустойчивом основании, необходимость длительного ухода после укладки, температурные деформации, разрушение в агрессивной среде.

Асфальтовые покрытия выполняются из асфальтового раствора-смеси вяжущего асфальтового вещества с песком, вяжущее асфальтовое вещество состоит из битума и асфальтового порошка. Асфальтовый раствор разбрызгивается в горячем состоянии на поверхность дна и откосов слоем толщиной 2-2,5 см по подготовке из гравия, щебня или грунтоцемента.

Асфальтобетон образуется добавлением к асфальтовому раствору щебня или гравия. Асфальтобетон укладывается на подготовленное основание из гравия, щебня, песка, образуя слой 2,5-8 см и покрывается асфальтовым раствором. Сверху может быть устроен защитный слой грунта 20-30 см.

Битумное покрытие наносится в горячем состоянии специальными разбрызгивающими машинами по поверхности русла канала слоем 6-8 см по подготовке. Сверху устраивается защитный слой грунта 20-30 см.

В последнее время применяются рулонные асфальтовые и битумные материалы, получаемые нанесением асфальтового раствора или битума набумажную, стекловолокнистую и другую основу.

Для защиты от прорастания растений через асфальтовые и битумные покрытия основание под ними опрыскивается водным раствором гербицидов.

Асфальтовые и битумные материалы намного дешевле бетонных. Они практически водонепроницаемы, пластичны, морозостойки, солеустойчивы, химически инертны, после укладки не требуют ухода. Разрушенные облицовки могут использоваться вторично.

Недостатками этих материалов являются: вредность производства, прорастание растениями, оплывание при высоких температурах, высыхание и растрескивание при резких колебаниях уровня воды.

Синтетические пленочные покрытия и экраны. Для борьбы с фильтрацией воды из каналов применяются различные синтетические пленочные материалы: полихлорвиниловые, полиэтиленовые, полиамидные, бризол, бутиловый синтетический каучук. Толщина этих пленок 0,1-0,4 мм. По-

лотнища пленки укладывают на подготовленное основание, сваривают или склеивают. Основание предварительно уплотняется, выравнивается, освобождается от острых включений, протравливается водным раствором гербицидов. Края пленки заделываются в дамбу выше максимального уровня воды в канале. Сверху пленка обязательно покрывается слоем грунта 0,15-0,30 м для зашиты от атмосферных воздействий.

Для зашиты грунта от размыва могут быть уложены бетонные плиты. Заложение откосов в таких каналах принимается не менее 2-2,5.

Пленочные материалы без защитных покрытий применяются на каналах как временное мероприятие. Достоинством пленочных материалов является их непроницаемость, а недостатками – необходимость слоя, опасность повреждений механизмами, растениями, животными, неполная механизация строительных работ.

Грунтовые покрытия являются противофильтрационными мероприятиями, не защищающими от размыва, повреждения льдом, механических воздействий, растительности.

Дно и откосы канала на связных грунтах могут быть, уплотнены укатыванием, трамбованием, направленным взрывом. Глубина уплотнения составляет 0,25-1 м, оно сохраняется несколько лет, затем повторяется.

На песчаных и супесчаных грунтах эффективно кольматирование каналов, то есть вмыв глинистых частиц в поры грунта, трещины, ходы землероев. Толщина кольматируемого слоя достигает 2 см и существенно снижает фильтрацию воды из канала.

На несвязных сильнопроницаемых грунтах применяются покрытия из глины или суглинка слоем 0,4-0,5 м, для чего сечение канала первоначально разрабатывается с соответствующим превышением расчетных размеров. Для защиты от размыва глинистый и суглинистый слой может быть покрыт гравием, щебнем, каменной наброской.

Для улучшения свойств глины ее применяют в смеси с инертными материалами – соломой, песком, гравием, щебнем. Смесь 20-25% глины с 75-80% песка, гравия или щебня называется глинобетоном. Глинобетон укладывается по периметру канала слоем 10-20см.

Надежным покрывающим материалом являются бентонитовые глины, которые при намокании становятся практически непроницаемыми.

Слабопроницаемые грунтовые материалы могут использоваться в качестве экранов.

Каменные и кирпичные покрытия служат в основном для защиты каналов от деформации. Они могут быть выполнены в виде отсыпки из гравия и щебня, каменной наброски, каменного мощения, кирпичной и бутовой кладки на цементном растворе. Эти покрытия долговечны и надежны, но трудоемки и дороги, поэтому применяются реже других.

Лотковые каналы устраиваются для уменьшения фильтрации воды из канала, на участках в насыпи; на участках со скальными грунтами; на склонах с неустойчивыми грунтами, оползнями, осыпями; на просадочных

грунтах; на участках с повышенными скоростями воды в канале; для устройства акведуков, быстротоков.

По конструкции лотковые каналы являются постоянными, по режиму работы – постоянно и периодически действующими.

Существующие типоразмеры лотков позволяют пропускать расходы до 5м^3/с. Диапазон допустимых уклонов лотковых каналов – 0,0005-0,03, пределы допустимых скоростей 0,8-6 м/с. При меньших скоростях происходит заиление лотков, при больших скоростях возникают трудности в водовыпусках, учете воды, наблюдается выплескивание воды на поворотах.

Лотковые каналы устраиваются из отдельных лотков длиной 6-8 м. Лотки выполняются из железобетона с ненапряженной или предварительно напряженной арматурой. Форма поперечного сечения параболическая, полуциркульная, полуэллиптическая. Строительная глубина лотка определяет его типоразмер. Лотки выпускаются с глубиной 40-140 см толщиной стенок 5-7,5 см, с гладкими или раструбными концами. Соединение гладких лотков осуществляется встык с заделкой стыков просмоленной пенькой, битумом, мастиками, цементным раствором. Раструбные лотки на одном конце имеют расширение – раструб, в который вкладывается гладкий конец соседнего лотка и прижимает изоляцию – резину, просмоленную пеньку.

Стык лотков опирается на седло, внутренняя поверхность которого соответствует форме и размеру лотка. Седла устанавливаются на опоры - свайные, стоечные, рамные, плитовые. Высота установки лотка над землей зависит от необходимого командования уровня воды в лотке над поверхностью земли (0-2,5 м).

Достоинствами лотковых каналов являются: значительное снижение потерь воды, отсутствие зарастания растениями и размыва русла, благоприятные условия для создания командования, индустриальные методы строительства.

К недостаткам лотковых каналов можно отнести несовершенство конструкции стыков, допускающих потери воды; трудности транспортирования лотков от заводов-изготовителей к месту строительства; отсутствие методов механизированной очистки каналов от наносов.

3.5.3 Трубчатая сеть

Для закрытой стационарной сети применяется трубы из различных материалов: асбестоцементные, железобетонные, стальные, чугунные, пластмассовые.

Асбестоцементные трубы широко используются в практике строительства закрытых оросительных сетей. Они отличаются стойкостью к коррозии, морозоустойчивостью, сравнительно небольшой плотностью, относительной легкостью, невысокой стоимостью. Недостатками асбестоцементных труб являются хрупкость, низкая сопротивляемость ударам. Трубы требуют осторожного транспортирования и укладки. Их также не рекомендуется применять на проселочных грунтах и в районах сейсмиче-

ской опасности. Выпускаются асбоцементные трубы четырех классов: ВТ-6 (рабочее давление до 0,6 МПа), ВТ-9 (до 0,9 МПа), ВТ-12 (до 1,2 МПа), ВТ-15 (до 1,5 МПа) диаметрами 100-500 мм.

Железобетонные трубы прочны, выдерживают большое давление (до 2 МПа), долговечны, не подвержены коррозии и обрастанию внутренней поверхности. Срок их службы – 50 и более лет. Монтаж трубопроводов сравнительно несложен. К недостаткам относят неустойчивость в агрессивной среде и хрупкость при транспортировании и укладке.

По технологии изготовления современные железобетонные напорные трубы подразделяются на вибро-гидропресованные, цетрифугированные, со стальным сердечником, полимержелезобетонные, центробежнопрокатные. Диаметры выпускаемых труб – от 500 до 2000 мм. Безнапорные трубы выпускаются диаметром 400-2400 мм.

Стальные трубы для закрытых оросительных сетей разрешается использовать только в тех случаях, когда не подходят неметаллические. Стальные трубы выдерживают наибольшие давления (до 2,4 МПа), удобны для перевозки и монтажа, прочны. Недостатком стальных труб является подверженность коррозии. В мелиорации используются в основном тонкостенные стальные трубы различных технологий изготовления: электросварные с прямым и спиральным швом, бесшовные горяче- и холоднодеформированные, диаметры от 150 до 1400 мм. Для защиты труб от коррозии применяются различные покрытия внутренней и внешней поверхностей трубы цементно-песчаной смесью, битумом, этиленовой мастикой, этиленовой краской, эмалью этиноль, полиэтиленовой пленкой, битумно-резиновым и стеклоэмалевым слоем.

Чугунные трубы для закрытых оросительных сетей применяются в исключительных случаях, когда неметаллические трубы не подходят. Это объясняется большим расходом чугуна на их производство, хрупкостью при динамических нагрузках, повреждениями при погрузке и выгрузке. Положительными качествами чугунных труб являются долговечность и устойчивость в коррозионно-активных средах. Промышленностью выпускаются чугунные трубы нескольких классов на рабочие давления до 1 МПа, 1,4 МПа, 1,6 МПа диаметрами от 65 до 1000 мм.

Пластмассовые трубы (полиэтиленовые, поливинилхлоридные, полипропиленовые) в наибольшей степени отвечают требованиям закрытых оросительных сетей. Трубы очень легкие, не подвергаются коррозия, не разрушаются даже при замере заики в них воды, имеют малые гидравлические сопротивления, очень долговечны (до 50 лет), малотеплоемки. К недостаткам относятся сложность соединения этих труб и большое линейное расширение. Пластмассовые трубы выдерживают давление до 1,0 МПа и выпускаются диаметрами от 50 до 1200 мм.

Материал труб выбирается в зависимости от напоров в сети, характера и режима работы трубопроводов, района, строительства, стоимости труб. При напорах в сети до 100 м и диаметрах труб до 500 мм целесообразно применять асбестоцементные трубы, при диаметрах более 500 мм –

железобетонные. При напорах в сети свыше 100 м применяются стальные и чугунные трубы.

Характер работы сети (сезонный, круглогодовой) может потребовать повышенной прочности труб при работе в зимний период, когда возможно замерзание воды в трубопроводах. Режим работы трубчатой сети оценивается неравномерностью скоростей, опасностью гидравлических ударов, что также может потребовать применения более прочных труб. На просадочных грунтах и в районах сейсмической опасности рекомендуется применять металлические трубы. Наиболее низкую стоимость имеют асбестоцементные и железобетонные трубы. Пластмассовые трубы мало применяются из-за ограниченного их выпуска и высокой стоимости. В последнее время в орошении все шире применяются железобетонные трубы со стальным сердечником и тонкостенные металлические с различными антикоррозийными покрытиями.

Способы соединения труб между собой зависят от их материала. Асбестоцементные трубы соединяются муфтами, в которых имеются изолирующие прокладки. Железобетонные трубы соединяются с помощью раструба, т.е. расширении на одном конце трубы, в которое входит гладкий конец следующей трубы. Между трубами в раструбе помещается изолирующая прокладка. Стальные трубы соединяются сваркой встык. Для чугунных труб применяются фланцевые соединения. Фланец - кольцо, привариваемое к торцу трубы. Между фланцами закладывается (изоляция резиновые кольца). Фланцы соседних труб стягиваются болтами. Пластмассовые трубы соединяются сваркой, склеиванием, резиновыми кольцами, фланцами, накидными гайками.

Трубы стационарной сети укладываются в траншеи. По условиям прочности труб при переездах машин глубина закладки их принимается 0,6-0,8 м до верха трубы. При работе трубопровода в зимний период глубина закладки должна быть не меньше глубины промерзания грунта. Ширина траншеи должна иметь запас по обе стороны трубопровода по 0,25-0,35 м и соответствовать параметрам землеройной техники. Заложение откосов траншеи принимается из условия устойчивости грунта. Возможны вертикальные стенки с креплением.

Передвижная трубчатая сеть собирается на поверхности земли из облегченных труб различных материалов. Гибкие разборные трубопроводы бывают капроновыми, полиэтиленовыми, из прорезиненной ткани, длина их 180-250 м, диаметры 100-300 мм, допустимые напоры до 5 м. Жесткие разборные трубопроводы состоят из асбоцементных, алюминиевых или тонкостенных стальных труб длиной 4-5 м, диаметрами 100-350 мм, с допустимыми напорами в зависимости от материала труб. Трубы имеют быстро разборные соединения - замковые с накидной петлей и натяжной рукоятью.

3.6 Расчеты элементов оросительной сети

3.6.1 Определение расходов нетто оросительной сети

Распределение и использование воды во всех элементах оросительной сети осуществляется по взаимноувязанным внутрихозяйственным и общесистемным планам внутрихозяйственные планы водопользования составляются на основе графиков гидромодуля для всех севооборотных участков, усадьб, отдельных орошаемых участков с учетом организации труда в хозяйстве. Общесистемный план водораспределения составляется по внутрихозяйственным планам водопользования, увязывается с режимом водоисточника и пропускной способностью магистрального и межхозяйственных каналов. Затем уточняются внутрихозяйственные планы.

Обычно хозяйства получают воду непрерывно в течение вегетации. Поочередное распределение воды хозяйствам (водооборот) допускается при небольших площадях орошения, в периоды малого потребления воды, в маловодные годы при недостатке воды в источнике орошения.

При составлении общесистемных планов учитываются, требования других водопотребителей: судоходства, рыбоводства, гидроэнергетики, объектов обводнения.

Согласно планам водопользования и графикам гидромодуля проводящая сеть, кроме распределителей последнего порядка (участковых), является постоянно действующей, т.е. работает весь поливной сезон. К постоянно действующим относятся магистральные, межхозяйственные, хозяйственные, севооборотные и усадебные каналы.

Расчет расходов нетто начинается с младших постоянно действующих каналов – севооборотных и усадебных, так как для них имеются расчетные ординаты графиков гидромодуля. Максимальные и минимальные расходы нетто определяются соответственно по максимальным и минимальным ординатам графика гидромодуля [14]

$$Q_{НТ}^{с/о} = q_{с/о} * F_{НТ}^{с/о} \text{ и } Q_{НТ}^{УС} = q_{УС} * F_{НТ}^{УС} \qquad (3.32)$$

где $F_{НТ} = КЗИ * F_{бр}$

Расходы нетто старших каналов и трубопроводов определяются суммированием по участкам расходов нетто отходящих от лих младших элементов.

Участковые каналы и трубопроводы и более младшие элемента сети являются периодически действующими. Их расходы нетто определяются делением расхода нетто старшего элемента на число одновременно работающих младших

$$Q^{уч}_{нт} = Q^{с/о}_{нт} / n_{уч};$$
$$Q^{вб}_{нт} = Q^{во}_{нт} / n_{вб};$$
$$Q^{пт}_{нт} = Q^{рт}_{нт} / n_{пт}; \quad (3.33)$$
$$Q^{во}_{нт} = Q^{уч}_{нт} / n_{во};$$
$$Q^{рт}_{нт} = Q^{уч}_{нт} / n_{рт}.$$

Число (одновременно работающих младших элементов назначается в соответствии с установленными пределами их расходов ($Q^{уч}_{нт}$ = 100-250 л/с; $Q^{во}_{нт}$ = 30-80 л/с; $Q^{рт}_{нт}$ = 80-150 л/с; $Q^{пт}_{нт}$ = 20-80 л/с; $Q^{вб}_{нт}$ = 10-25 л/с).

Нижние пределы этих расходов определены условием увязки поливов с после поливной обработкой почвы: расход периодически работающего элемента сети должен обеспечить площадь полива не меньше суточной производительности трактора на после поливной обработке

$$Q_{нт} \geq m \cdot F^{сут}_{тр}/86{,}4 \quad (3.34)$$

где m – поливная норма, $м^3$/га;

$F^{сут}_{тр}$ – суточная площадь после поливной обработки одним трактором, га.

Верхний предел для расходов нетто периодически работающих элементов сети устанавливается в соответствии с технологией полива, организацией труда, условиями экономичности сечений и обработки политой площади не позже двух суток после полива.

При дождевании расходы поливных и распределительных трубопроводов и временных оросителей увязываются с расходами дождевальных машин. При этом определяется число дождевальных машин, работающих на одном поле, из условия своевременного полива поля

$$n_{DM}=F^{поля}_{НТ}/F^{DM}_{сут}*t \quad (3.35)$$

где $F^{поля}_{НТ}$ - площадь нетто поля, га;

$F^{DM}_{сут}$ - суточная производительность дождевальной машины, га;

t - допустимая продолжительность полива поля, сут.

На временном оросителе принимается одна одновременно работающая машина, на поливном трубопроводе – дождевальных машин. Расходы нетто распределительного трубопровода и участкового канала определяются по участкам в зависимости от размещения дождевальных машин, причем рассматривается вариант наиболее неблагоприятного их размещения.

Расходы нетто магистрального трубопровода, насосной станции, севооборотного и магистрального каналов должны обеспечить дождевальные машины, одновременно работающие на обслуживаемой ими площади (N_{DM}), Например, для севооборотного участка $N_{DM} = F^{с\о}_{НТ} / F^{сез}_{DM}$.

3.6.2 Определение расходов брутто оросительной сети

При работе оросительных каналов и трубопроводов происходят потери воды на испарение, фильтрацию и эксплуатационные. Потери на испарение составляют 2-3%, эксплуатационные – 2-5% от общего объема потерь. Основной объем потерь приходится на фильтрацию воды в грунт, которая может составлять до 40-50% подаваемого расхода воды. Для обеспечения растений водой в оросительную сеть подаются расходы, превышающие расходы нетто на величину потерь воды из сети. Эти расходы называются расходами брутто

$$Q_{бр} = Q_{НТ} + Q_{пот} \tag{3.36}$$

Степень полезного использования воды показывает коэффициент полезного действия (η) оросительной сети

$$\eta = \frac{Q_{НТ}}{Q_{бр}} \tag{3.37}$$

Расчет расходов брутто производится для случая подачи воды к наиболее удаленным одновременно работающим элементам оросительной сети. Порядок расчета принимается от младших элементов к старшим. Для периодически работающих элементов открытой сети и для трубчатой сети расходы брутто определяются по КПД этих элементов, ограниченных СНиП 2.06.03-85 [21]: для выводных борозд и гибких поливных трубопроводов $\eta = 1$; для стационарной трубчатой сети η=0,99-0,98; для участковых каналов в бетонной облицовке η =0,98-0,97; для участковых каналов в земляном русле η - 0,90-0,92; для временных оросителей η = 0,95-0,96. Эти величины КПД должны быть обеспечены при строительстве оросительной сети. Тогда $Q_{бр} = Q_{нт.} / \eta$.

Для постоянно действующих и всех лотковых каналов расходы брутто определяются по участкам между водозаборными узлами по формуле (3.36). Величина потерь воды зависит от грунта земляного русла канала, материала облицовки, длины участка, сечения канала, режима процесса фильтрации из канала. Для лотковых и бетонированных каналов $Q_{пот}$ определяется по формуле А.Н.Костикова

$$Q_{пот} = 0{,}01 \cdot \sigma \cdot Q_{НТ} \cdot L \tag{3.38}$$

где σ - процент потерь от $Q_{НТ}$ на 1 км канала; для лотков σ =1-2%, для бетонированных каналов σ = 2- 3%;

L - длина участка канала, км.

По этой же формуле приближенно определяются потери воды на фильтрацию из каналов в земляном русле. При этом по А.Н. Костякову

$$\sigma = A / (Q_{НТ})^m \tag{3.39}$$

где А и m - эмпирические коэффициенты, учитывающие проницаемость грунтов.

Эта формула принимается для расчета потерь воды при проектировании, когда еще неизвестны размеры каналов.

Для постоянно действующих каналов с известными размерами поперечного сечения потери воды на фильтрацию определяются с учетом режима фильтрации. При свободной фильтрации, т.е. при отсутствии влияния водоупора или уровня грунтовых вод на процесс фильтрации воды из канала, расход потерь воды может быть подсчитан по формулам Н.Н. Павловского или А.Н. Костякова [14]

$$Q_{пот} = K \cdot (B + 2h) \tag{3.40}$$

$$Q_{пот} = K\left(b + 2\nu h\sqrt{1+m^2}\right) \tag{3.41}$$

где $Q_{пот}$ м^3/сут на 1 пог.м. канала;

K - коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

b - ширина канала по дну, м;

В - ширина канала по уровню воды в нем, м;

h -глубина воды в канале, м;

m - заложение откосов;

ν - коэффициент бокового впитывания (1,1-1,4).

Если грунтовые воды или водоупор находятся неглубоко, то с течением времени свободная фильтрация переходит в стадию подпертой. Расчет потерь производится по формуле С.Ф. Аверьянова

$$Q_{пот} = \alpha K_B * \left(\frac{1 - H_K}{2B}\right) * (B + 2h) \tag{3.42}$$

где $Q_{пот}$,м^3/сут на 1 пог. м длины канала;

α - коэффициент, учитывающий подпирающее влияние грунтовых вод или водоупора;

K_B - коэффициент капиллярной водопроницаемости, м/сут;

H_K - высота капиллярного поднятия, м.

Определив расходы нетто и брутто во всех элементах, оросительной сети, необходимо оценить КПД отдельных каналов и в целом сети.

Для отдельного канала полезным является расход отдаваемый в младшие элементы, поэтому КПД подсчитывается как отношение расхода отдаваемого к расходу забираемому, например

$$\eta_{уч} = \frac{Q_{бр}^{во} * n_o}{Q_{бр}^{уч}} \tag{3.43}$$

$$\eta_{с/о} = \frac{Q_{бр}^{уч} * n_{уч} + Q_{бр}^{ус}}{Q_{бр}^{с/о}} \tag{3.44}$$

где $n_{о,}n_{уч}$ - число одновременно работающих временных оросителей и участковых каналов;

$Q^{уч}_{бр}$,- расход брутто на усадьбу, если она подвешена к рассматриваемому севооборотному каналу;

$Q^{уч}_{бр}$, $Q^{с\о}_{бр}$ - расходы брутто в голове участкового и севооборотного каналов.

При определении КПД системы учитываются потери во всех элементах сети

$$\eta^{с/о}_{сист} = \frac{Q^{с/о}_{НТ}}{Q^{с/о}_{бр}} \quad \text{и} \quad \eta^{уч}_{сист} = \frac{Q^{уч}_{НТ}}{Q^{уч}_{бр}} \tag{3.45}$$

3.7 Гидравлические расчеты элементов оросительной сети

Задачей гидравлических расчетов является определение размеров поперечных сечений оросительной сети. При этом должны быть обеспечены: требуемая пропускная способность, устойчивость русл и трубопроводов, командование над младшими элементами сети, минимальные потери воды, возможность автоматизации управления работой сети.

Исходными данными для гидравлических расчетов оросительной сети являются расходы, уклоны для открытых русел, требуемые напоры для трубопроводов, заложение откосов каналов, коэффициенты шероховатости.

1. Для постоянно действующих каналов в земляном и облицованном русле расчетными являются нормальные, форсированные и минимальные расходы. По нормальному расходу определяются размеры сечения, проверяются скорости и проектируется вертикальное сопряжение элементов сети. Нормальным считается максимальный расход брутто в голове расчетного участка, полученный в результате расчетов расходов по максимальной ординате графика гидромодуля.

Форсированный расход используется для определения высоты форсированного уровня воды в канале, по которому назначается высота дамб и берм.

$$Q_{форс}=К_{форс}\cdot Q_{норм}$$

где $К_{форс}$ - коэффициент форсирования, назначаемый по СНиП 2.06.03-85 [21] в зависимости от величины $Q_{норм}$;

$К_{форс}$ = 1,15-1,30.

Расчет по минимальному расходу проводится для проверки условий командования канала на водовыпусках в младшие каналы, размещения подпорных сооружений, проверки скоростей. Минимальный расход брутто получают в результате расчетов расходов по минимальной ординате гидромодуля.

Для открытых каналов периодического действия расчетными принимаются нормальные расходы в голове каналов. Лотковые каналы рассчитываются по форсированным расходам. Расчеты трубопроводов проводятся по нормальным расходам.

2. Расчетные уклоны для всех открытых каналов определяется по уровню воды в канале, который проектируется на продольном профиле канала из условия командования на водовыпусках. Уровень воды в старшем канале должен быть выше уровня воды в младшем канале на величину потерь в водовыпуске.

3. Необходимые напоры на водовыпусках из трубчатой сети определяется техникой полива. При выпуске воды во временные оросители, выводные и поливные борозды требуется напор 0,3-0,5 м; в гибкие проливные водопроводы – 0,5-0,8 м; в дождевальные машины соответствующий напор по технической характеристике машины.

4. Заложение откосов каналов зависит от грунта и вида облицовки. Коэффициент заложения откосов определяется по СНиП 2.06.03-85.

5. Коэффициенты шероховатости зависят от материала русла канала и трубопровода и определяются по СНиП 2.06.03-85, гидравлическим справочником.

Гидравлические расчеты элементов оросительной сети проводятся по формулам для равномерного установившегося режима движения воды

$$\omega = \frac{Q}{V}, \quad V = C\sqrt{RI}, \quad R = \frac{\omega}{\chi} \tag{3.46}$$

где ω - площадь живого сечения потока;

Q - расчетный расход;

V- средняя скорость воды;

C - коэффициент Шези;

R- гидравлический радиус потока;

χ - смоченный периметр;

I - геодезический уклон для каналов или гидравлический уклон для трубопроводов.

Для трапецеидального сечения $\omega=h(b+mh)$; для трубопровода $\omega=\pi d^2/4$. После расчета сечения проводится проверка средней скорости воды по условию $V_{min} < V < V_{max}$.

По условию зарастания $V_{min}= V_{зар} = 0,3$ м/с. Для трубопроводов по условию заиления $V_{min} = 0,8$ м/с.

Условие заиления канала проверяется сравнением мутности воды и транспортирующей способности потока $\rho_{тр} > \rho_{в}$.

Транспортирующая способность потока может быть подсчитана по формуле Е.А. Замарина в зависимости от скорости воды в канале и гидравлической крупности наносов

$$\rho_{тр} = 700V\sqrt{RJV/W}/W_o \qquad (3.47)$$

где $W_0 = W$ при $W > 2$; $W_0 = 2$ при $W \le 2$

Максимальная допустимая скорость в земляных руслах принимается по условию неразмываемости грунта по СНиП 2.06.03-85. В облицованных и лотковых каналах максимальная скорость воды ограничивается условием сохранения ламинарного режима потока, спокойного течения на поворотах и водовыпусках (V≤ 6м/с).

В трубопроводах максимальная скорость ограничивается опасностью гидравлического удара и допустимой величиной потерь напора. Для проверки расчетных напоров на водовыпусках трубчатой сети определяются потери напора на всех участках и строится линия пьезометрических напоров на продольном профиле трубопровода. Необходимый напор в голове трубопровода, обеспечивающий напоры не менее расчетных на всех водовыпусках, определяется так

$$H = H_{идр} + H_{геод} + \sum h_{пот} \qquad (3.48)$$

где $H_{гид}$ - требуемый напор на гидранте;

$H_г$ - геодезическое превышение, т.е. высота подъема воды уровня воды в источнике до отметки земли у расчетного гидранта;

$\Sigma h_{пот}$ - сумма потерь напора по длине и местных по пути от головы трубопровода до расчетного гидранта.

Напор до 1-1,5 м голове трубопровода может быть обеспечен командованием старшего канала (например, лоткового), а напоры по длине трубопровода - за счет геодезического понижения местности. Такой трубопровод называется самонапорным. Такие трубопроводы проектируются при достаточных уклонах местности (более 0,003) при условии $\sum h_{пот} < i_{геод} \cdot L_{тр}$ ($i_{геод}$ - геодезический уклон местности по трассе трубопровода; $L_{тр}$ - длина трубопровода).

Если напор в голове трубчатой сети не обеспечен старшим каналом или уровнем в источнике, необходима механическая подкачка с помощью насосной станции.

Для трубчатой оросительной сети обязательно проводится проверка опасности гидравлического удара [12].

3.8 Водосборно-сбросная сеть, дороги и лесополосы на оросительных системах

Водосборно-сбросная сеть служит для организованного сбора и отвода с орошаемой территории излишков поверхностных вод, Эти излишки образуются из ливневых и талых вод, поверхностного стока с полей при орошении, технологических и аварийных сбросов из каналов, сбросов во-

ды при опорожнении каналов и промывке трубопроводов. Водосборно-сбросная сеть состоит:

из полевых водосборов в виде борозд по нижним краям полей; полевые водосборы спадают в участковые водосборы;

из участков водосборов, совмещаемых обычно с кюветами дорог и впадающих в хозяйственные и межхозяйственные сбросы;

из хозяйственных и межхозяйственных водосборов проектируемых по пониженным местам с максимальным использованием тальвегов, лощин, оврагов или совмещаемых с хозяйственными и межхозяйственными коллекторами.

Водоприемниками сбросных вод служат естественные и искусственные водотоки и водоемы, обеспечивающие отвод и аккумуляцию расчетных объемов, сбросных вод без создания подпора воды в водоотводяших каналах и трубопроводах. Для водоприемников составляется прогноз изменения качества воды под влиянием сбросов и при необходимости предусматриваются меры по очистке сбросных вод.

Водосборно-сбросная сеть в плане располагается по границам сельхозугодий с условиями минимальной протяженности и наименьшего количества гидротехнических сооружений. При наличии на оросительной системе коллекторно-дренажной сети рассматривается возможность использования ее для отвода сбросных вод. Обычно совмещаются коллекторы и сбросы хозяйственной и межхозяйственной сети.

Водосборная сеть проектируется открытой, как правило, в земляном русле. Сбросная сеть проектируется открытой (каналы, лотки) или закрытой (трубопроводы).

Расчетные расходы элементов водосборно-сбросной сети и ГТС определяются в соответствии с указаниями СНиП 2.06.03-85. Размеры поперечных сечений элементов и скорости воды определяются гидравлическими расчетами. Вертикальное сопряжение элементов водосборно-сбросной сети должно обеспечивать превышение младших элементов над старшими не менее 0,05. Уровень воды в каналах при расчетном расходе должен быть на 0,15-0,20 м ниже поверхности земли.

Дорожная сеть на оросительной системе состоит из дорог различного назначения: межхозяйственных, внутрихозяйственных, полевых эксплуатационных. Межхозяйственные и внутрихозяйственные дороги связывают населенные пункты, объекты производственного, культурного, социального и др. назначения. Эти дороги проектируются с покрытием по соответствующим техническим условиям и проходят по границам сельхозугодий.

Полевые дороги служат для проезда сельскохозяйственной техники на поля и для вывоза с полей урожая. Они проектируются без покрытия, по границам полей. Эксплуатационные дороги служат для ухода за каналами и сооружениями, их ремонта. Они проектируются вдоль каналов и коллекторов, по границам сельхозугодий и должны обеспечивать проезд ко всем сооружениям на системе

Дороги различного назначения по возможности совмещаются. Трассы дорог выбираются наименьшей возможной протяженности, с меньшим числом сооружений.

Лесные насаждения на оросительных системах проектируются следующего назначения: полезащитные, почвоохранные, водоохранные, озеленительные. Они проектируются по границам сельхозугодий, вокруг полей, вдоль оросительных и водосбросных каналов, коллекторов, дорог, вокруг прудов и водохранилищ, в поселках, у насосных станций, на не используемых в сельском хозяйстве землях.

Схемы размещения защитных лесных полос вдоль хозяйственных оросительных и коллекторно-сбросных каналов, лотковой сети и подземных трубопроводов приведены на рисунке 3.20 [8].

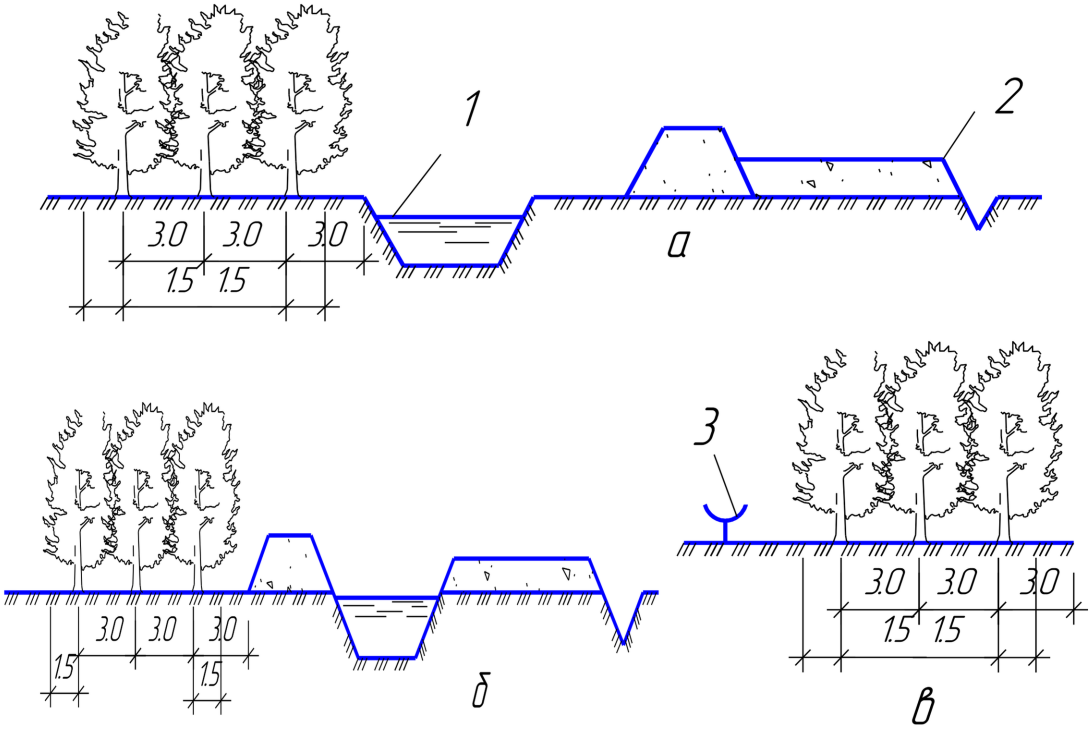


Рисунок 3.20 – Схемы размещения защитных лесных полос вдоль хозяйственных оросительных и коллекторно-сбросных каналов, лотковой сети и подземных трубопроводов

а – вдоль канала в выемке; б – вдоль канала в полувыемке-полунасыпи; г – вдоль лотковой сети или подземного трубопровода; 1 – канал; 2 – дорога; 3 – лоток

Полезащитные лесополосы должны составлять не более 4% орошаемой площади. Их располагают поперек преобладающих в данной местности ветров, для чего при организации территории поля и поливные участки стараются располагать длинной стороной поперек ветров. Эти лесополосы называются продольными, расстояния между ними не должно превышать 800 м. Другие лесополосы – поперечные - не реже, чем через 2000 м, а на песчаных почвах 1000 м.

Почвозащитные продольные лесные полосы на склонах более 1,5°, подверженных эрозии, располагаются поперек склонов, по горизонталям, в увязке с общей организацией территории, агротехническими и гидротехническими противоэрозионными мероприятиями.

Водоохранные, берегоукрепительные, дренирующие лесополосы располагаются вдоль каналов и вокруг водоемов.

Лесные полосы закладывают обычно из высокорастущих деревьев с невысоким подлеском (продуваемая конструкция). Конкретный выбор конструкции полос и древесных пород осуществляется по соответствующим рекомендациям.

Полив лесополос осуществляется техникой, имеющейся на орошаемой территории.

Ликвидация существующих лесных и кустарниковых насаждений допускается только при соответствующем обосновании [8, 12].

3.9 Источники воды для орошения

3.9.1 Характеристика и оценка водоисточников

Источниками воды для регулярного орошения могут служить: поверхностные естественные водотоки и водоемы (реки, озера); поверхностные искусственные водоемы (водохранилища); местный сток, накопленный в прудах; подземные воды; сточные воды; сбросные, дренажные, морские воды.

Источником воды для одноразового орошения является местный сток, задерживаемый в лиманах.

При наличии на орошаемой территории или вблизи ее нескольких источников воды для орошения целесообразность использования одного или нескольких источников обосновывается технико-экономическим сравнением вариантов.

При планировании орошения непременно рассматриваются вопросы комплексного использования водных источников всеми отраслями народного хозяйства (сельское хозяйство, водоснабжение, промышленность, гидроэнергетика, водный транспорт, рыбоводство и другие).

Источники воды для орошения оцениваются следующими характеристиками: качеством воды, объемами воды за оросительный период и за год, их колебаниями по годам; режимами расходов воды; режимами уровней или напоров воды; местоположением по отношению к орошаемой площади.

Качество воды характеризуется температурой, содержанием механических примесей, минерализацией и химическим составом, бактериальным составом.

Температура поверхностных вод обычно благоприятна для орошения. Подземные воды и воды горных рек могут иметь пониженную температуру и требовать обогрев. Повышенная температура может быть у под-

земных и сточных вод. Регулирование температуры осуществляется в бассейнах-терморегуляторах или каналах достаточной протяженности за счет естественного теплообмена с внешней средой.

Содержание механических примесей-наносов характерно для речных вод, особенно горных, и сточных вод. Частицы менее 0,01 мм имеют удобрительную ценность и должны пропускаться на поля. Более крупные наносы заиляют каналы и трубопроводы, создавая трудности в эксплуатации. Поэтому в голове оросительной сети строятся отстойники и сооружения, задерживающие наносы.

Повышенная минерализация наблюдается в водах степных рек, подземных, сточных, сбросных, дренажных водах.

Сильноминерализованной является морская вода. Вредным (токсичным) для растений и почвы является повышенное содержание ионов Na, Mg, Cl, CO_3, HCO_3, SO_4.

Орошение минерализованными водами с содержанием солей более 0,5 г/л возможно не для всех растений и почв и должно проводиться под строгим контролем состояния почвенного плодородия.

Контроль и регулирование бактериального состава необходимы для сточных вод.

Объемы воды в источнике определяют его оросительную способность. Оросительной способностью называется площадь, которая может быть орошена его водами в год расчетной обеспеченности

$$F_{НТ} = V_{ОР} \cdot \eta / M^{НТ}_{ср.взв} \qquad (3.49)$$

где $V_{ОР}$ - объем воды, выделяемый из источника на орошение в год расчетной обеспеченности;

η - коэффициент полезного действия оросительной сети;

$M^{НТ}_{ср.взв}$ средневзвешенная оросительная норма на орошаемой площади.

Если площадь орошения и состав сельскохозяйственных культур заданы, то требуемый на орошение объем воды должен сравниваться с объемом воды, который может быть выделен из источника за период вегетации в год расчетной обеспеченности.

Если $V_{треб} = F_{НТ} M^{НТ}_{ср.взв} / \eta < V^{вет}_{ист}$, то орошение запланированной площади возможно. При $V^{вет}_{ист} < V_{треб} < V^{год.расч}_{ист}$ ($V^{год.расч}_{ист}$ - объем воды в источнике за год расчетной обеспеченности, выделенный на орошение) плановое орошение возможно при сезонном регулировании источника. В случае $V^{год.расч.}_{ист} < V_{треб} < V^{ср.мног.}_{ист}$ ($V^{ср.мног.}_{ист}$ - среднемноголетний годовой объем воды, выделяемый, из источника на орошение) плановое орошение возможно при многолетнем регулировании источника.

Для повышения оросительной способности источника необходимо снижать потери воды в оросительной сети, оптимизировать структуру посевов и режим орошения сельхозкультур.

Анализ внутригодовых и многолетних режимов расходов источника позволяет судить о согласовании его с режимом орошения. В течение всего вегетационного периода должно обеспечиваться условие

$$Q_{ист} \geq q \cdot F_{НТ} / \eta \qquad (3.50)$$

где q - ордината гидромодуля.

При невыполнении этого условия необходимо перераспределение расходов воды во времени. Режим уровней и напоров воды в источнике и взаимное высотное положение источника и головного элемента оросительной сети определяют тип и конструкцию головного водозаборного сооружения.

Местоположение источника и его удаленность от орошаемой площади определяют длину холостой части магистрального канала или трубопровода, влияют на мощность насосной станции, на стоимость системы.

Анализ характеристик различных источников позволяет наметить возможные варианты орошения, а затем путем технико-экономического их сравнения выбрать оптимальный.

3.9.2 Орошение из рек

Реки являются наиболее распространенным источником воды для орошения. По территории нашей страны речной сток распределен неравномерно: на районы севера и северо-востока приходится 80% речного стока, на западные и юго-западные - 20%. В то же время последние являются наиболее обжитыми и сосредотачивают 3/4 населения, 2/3 промышленности и сельского хозяйства. В южных районах страны все острее ощущается дефицит поверхностного стока.

Распределение стока во времени по годам и внутри года также неравномерно. Режим расходов рек определяется источником питания и их географическим положением. По типу питания выделяют реки: равнинные (атмосферного, грунтового и смешанного питания); горные (ледникового и атмосферно-ледникового питания); степные, являющиеся разновидностью равнинных и отличающиеся от них меньшей водосборной площадью и резко выраженной неравномерностью стока.

Равнинные реки имеют паводок весной, минимальные расходы летом, что не соответствует режиму орошения сельхозкультур. Для более полного использования стока требуется сезонное или многолетнее регулирование стока, однако создание водохранилищ на равнинных реках имеет много отрицательных сторон (большие площади затопления ценных земель, подтопление окружающих земель и др.), поэтому вопрос регулирования стока этих рек должен быть экономически и экологически обоснован.

Горные реки имеют максимальные расходы летом от таяния снегов и ледников, что согласуется с режимом потребления воды для орошения. Устройство водохранилищ на этих реках повышает их оросительную способность и экологически более безопасно.

Степные реки имеют 80-95% стока в весенний паводок, летом же сильно мелеют и нередко пересыхают. Орошение из этих рек возможно в основном на зарегулированном стоке.

Головные водозаборные сооружения из рек могут быть самотечные (бесплотинные, плотинные) и с механическим водоподъемом.

3.9.3 Орошение подземными водами

Для орошения, как правило, используются эксплуатационные запасы верхних горизонтов подземных вод, остающиеся после удовлетворения потребностей хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения.

Площади орошения подземными водами в нашей стране в настоящее время составляют около 2% от общей орошаемой площади. Использование подземных вод на орошение допускается в следующих случаях:

при общем дефиците поверхностных вод в рассматриваемом районе;

при временных дефицитах в отдельные годы или сезоны;

при избытке подземных вод и необходимости осушения.

Водозаборами подземных вод могут быть скважины, шахтные и лучевые колодцы, сифонные и самотечные водосборы. Тип и конструкция водозаборов определяются глубиной залегания и характеристиками водоносного пласта.

Самотечный водозабор подземной воды – подземная галерея или закрытый коллектор собирает грунтовую воду и выводит на поверхность земли для орошения ниже расположенной площади.

При заборе воды из артезианских водоносных горизонтов, имеющих напоры выше поверхности земли, применяются самоизливающиеся скважины, дающие воду в оросительную сеть или регулирующие бассейны. При проектировании таких водозаборов необходимо составить прогноз изменения напоров и расходов воды в период эксплуатации водоносного пласта.

При невозможности самотечного водозабора подземные воды откачиваются насосами из скважин, шахтных лучевых колодцев.

По известному расходу воды, получаемому из подземных водозаборов, определяется площадь орошения

$$F_{НТ} = Q_{подз} \cdot \eta / q \qquad (3.51)$$

где q - ордината графика гидромодуля для состава сельхозкультур, планируемого на участке.

Для согласования режима откачки или получения подземной воды с режимом орошения осуществляется суточное, недельное, сезонное и многолетнее регулирование. Суточное и недельное регулирование получаемых объемов подземной воды производится в регулирующих бассейнах и прудах, которые проектируются вблизи водозабора или орошаемого участка. Сезонное и многолетнее регулирование запасов подземных вод осуществляется в подземных водохранилищах, в. качестве, которых используются

сухие или осушенные толщи горных пород в синклинальных образованиях. Если объем подземных вод, использованный на орошение, не восстанавливается естественным путем в вневегетационный период, то необходимо искусственное пополнение запасов подземных вод путем устройства инфильтрационных бассейнов и каналов.

Достоинствами орошения подземными водами являются: возможность получения воды непосредственно на поливных участках, что сокращает протяженность оросительной сети и повышает ее коэффициент полезного действия; чистота воды; частое совмещение целей орошения и осушения. Недостатками подземных вод как источников орошения являются высокая стоимость водоподъема, отсутствие в воде удобрительных илистых частиц, опасность истощения подземных запасов вод [3].

3.9.4 Орошение водами местного стока

Местным называется сток временных водотоков, образующихся в период весеннего снеготаяния или летних ливневых дождей, а также постоянных водотоков с малым водосбором. К малым водотокам относят реки и ручьи, не имеющие самостоятельного хозяйственного значения без регулирования стока.

Особенностью местного стока является кратковременность больших расходов и изменчивость объемов стока по годам.

Задержание и использование местного стока имеет определенное хозяйственное значение (орошение земель), гидрологическое значение (увеличение внутреннего влагооборота, снижение половодья в реках, выравнивание их режима, уменьшение размывов, эрозии почв, роста оврагов), эстетическое значение (улучшение ландшафта).

Оросительные системы на местном стоке обычно бывают небольшими - десятки и сотни, реже тысячи гектаров.

Наиболее широко местный сток используется на орошение в зоне неустойчивого увлажнения. На местном стоке организуется регулярное и одноразовое орошение.

Для регулярного орошения является обязательным сезонное или многолетнее регулирование стока. Оно осуществляется путем задержания в прудах и водохранилищах стока, проходящего в период паводка, снеготаяния, ливневых дождей. Расчетная обеспеченность стока в оросительных системах, работающих на местном стоке, обосновывается технико-экономическими расчетами.

Место под водоём и створ плотины выбирается в лощинах, балках, оврагах, на небольших речках. Если на местности нет естественного подходящего места, может быть устроен котлован-копань. При выборе места учитывается ряд условий: возможность задержания максимального объема стока, получение минимальной площади зеркала, сохранение (незатопление) ценных плодородных земель, наличие наименьшего объема плотины, малая проницаемость грунтов ложа водоема.

При расчете орошения на местном стоке в зависимости от конкретных условий возможно несколько подходов:

– при дефиците водных ресурсов площадь орошения определяется объемом стока;

– при заданной площади орошения определяется требуемый объем стока, сравнивается с имеющимся, определяется вид регулирования и обеспеченность орошения;

– если по топографическим условиям ограничен объем водохранилища, то в соответствии с ним определяется требуемый объем стока и возможная площадь орошения.

При расчете пруда сезонного регулирования объем весеннего стока заданной обеспеченности в заданном створе определяется по формуле

$$S_P = K_{P\%} \cdot S_{вес} = K_{P\%} \cdot \alpha \cdot h_{вес} \cdot F_{вод} \qquad (3.52)$$

где $S_{вес}$ - среднемноголетний объем весеннего стока;

$K_{P\%}$ - модульный коэффициент для перехода к расчетной обеспеченности;

α - коэффициент, учитывающий особенности водосбора;

$h_{вес}$ - среднемноголетний слой весеннего стока;

$F_{вод}$ - площадь водосбора для заданного створа водотока.

Полный объем пруда равен $V_{пол} = S_p$

Рабочий объем пруда равен $V_{раб} = V_{полн} – V_{мерт}$,

где $V_{мерт}$ — мертвый объем пруда, который определяется санитарно-гигиеническими требованиями, условиями рыборазведения, содержания водоплавающей птицы, сроком службы пруда.

Полезный объем пруда равен $V_{полез} = V_{раб} – V_{потерь}$,

где $V_{потерь}$ - потери воды из пруда на испарение и фильтрацию зависящие от площади, пруда и слагающих грунтов.

Полезный объем воды делится между водопользователями. Объем воды, выделяемый на орошение, $V_{ор}$ определяет возможную площадь орошения

$$F_{НТ} = V_{ор} / M_{бр}^{ср.взв} \qquad (3.53)$$

где $M_{бр}^{ср.взв} = M_{НТ}^{ср.взв} / \eta$, $M_{бр}^{ср.взв}$, $M_{НТ}^{ср.взв}$ - средневзвешенные оросительные нормы;

η - коэффициент полезного действия оросительной сети.

Запроектированный водоем оценивается различными показателями: отношениями $V_{полез} / V_{полн}$, $F_{зерк} / F_{ор}$, экономической оценкой затопленных земель, стоимостью защиты окружающих земель от подтопления и другими.

Для уменьшения площади зеркала водоема, ликвидации мелководий он может быть огражден земляными дамбами.

Плотина обычно выполняется из местных материалов (суглинков, глин) с ядром, экраном или без них, реже бетонные. Узел гидротехнических сооружений при плотине включает водосброс, донный водовыпуск, водозаборы.

3.9.5 Лиманное орошение

Лиманное орошение заключается в задержании весеннего стока на обвалованных пологих склонах и одноразовом увлажнении обвалованной площади (лимана). Лиманы устраиваются на склонах с уклонами менее 0,005, имеющих достаточную водосборную площадь.

Расположение лиманов в плане определяется рельефом местности. В одном лимане могут располагаться одно или несколько полей севооборота. Примеры расположения лиманов в плане даны на рисунке 3.21 [4].

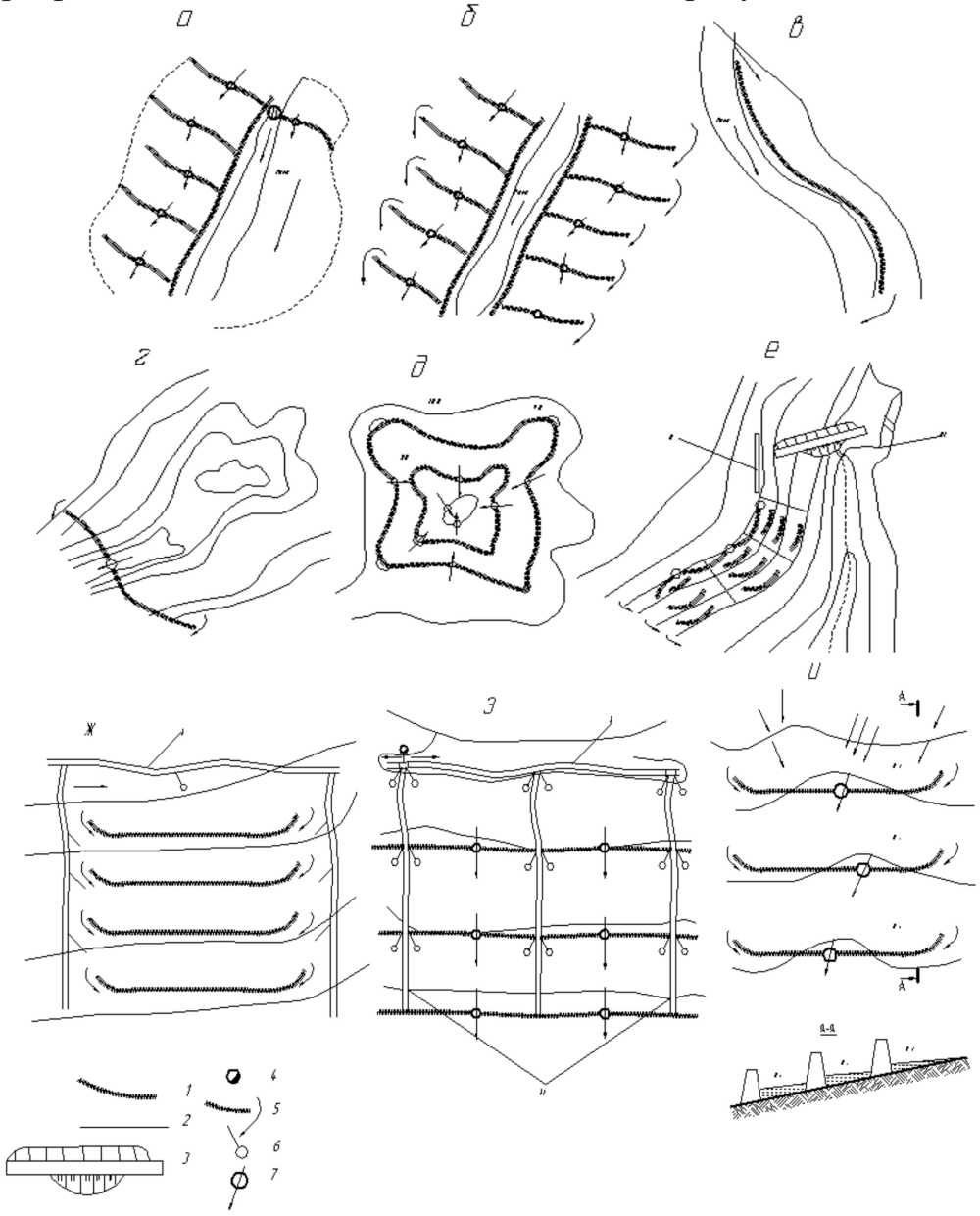


Рисунок 3.21 – Схемы лиманов

а – ярусные с попуском паводков по пойме; б – ярусные в пойме реки; в – проточные; г – простой лиман; д – ярусные в котловине; е – ярусные с питанием из водохранилища; ж - ярусные с питанием из канала; з – оросительная система с лиманами-чеками; и – мелководный ярусный лиман; 1, 2 – водорегулирующие, распределительные и струенаправляющие валы; 3 – плотины; 4 – насосная станция; 5 - естественные водообходы; 6, 7 – водовыпуски; В – водоспускной канал; $В_1$ – водослив; К – канал; $К_1$ – распределительные каналы; $а_1$, $а_2$, $а_3$ – соответственно 1-, 2-, 3-й ярусы

Лиманы могут наполняться непосредственно склоновым стоком, паводковыми водами рек (пойменные лиманы), сбросными водами из водохранилищ и оросительных систем.

При расчете возможной площади лиманного орошения расчетная обеспеченность стока обычно принимается 25-50%, что ниже, чем обеспеченность регулярного орошения, ввиду малых затрат на устройство лиманов.

$$F_{ор} = S_{P\%} \cdot M_{бр} \qquad (3.54)$$

где $S_{P\%}$ - весенний сток расчетной обеспеченности;

$M_{бр}$ - оросительная норма брутто, учитывающая потери воды на испарение и фильтрацию через валы;

$M_{нт}$ - норма разового полива, определяемая из условия промачивания слоя не менее 1,5 м.

Средний слой воды в лимане равен $h_{ср} = M_{бр} / 10^4$.

При $h_{ср}$ = 0,25-0,40 м лиман считается мелководным, $h_{ср}$ = 0,40-1,4 м - глубоководным. Ввиду уклона поверхности земли в лимане глубина воды в нем изменяется от 0 на урезе воды до h_{max} у нижнего ограждающего вала.

Продолжительность затопления лиманов зависит от оросительной нормы, водно-физических свойств почвы (в основном от скорости впитывания воды в почву в момент затопления) и биологических особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур. Чаще всего затопление длится от 3-6 до 10-12 суток.

На территории лиманного орошения сооружаются ограждающие и направляющие земляные валы, водовыпуски, водообходы, дороги, высаживаются лесополосы.

Лиманное орошение имеет ряд достоинств: простота и дешевизна устройства, простота эксплуатации, отсутствие механического подъема воды на повышенные элементы рельефа, уменьшение роста оврагов и размыв почв.

Недостатками лиманного орошения являются одноразовость увлажнения за сезон, неравномерность увлажнения по площади, изменение площади затопления по годам, опасность подтопления и засоления нижерасположенных земель.

3.9.6 Орошение сточными водами

Сточные воды представляют собой очищенные промышленные, хозяйственно-бытовые, животноводческие, ливневые и смешанные стока.

Использование сточных вод на орошение одновременно решает еще ряд важных задач: экономит чистые поверхностные и подземные воды; защищает реки и водоемы от загрязнения сбросами этих вод; используются полезные минеральные и органические вещества, содержащиеся в стоках.

Химический состав промышленных стоков зависит от вида и технологии производства. Наибольшей удобрительной ценностью обладают

сточные воды пищевой промышленности, текстильных, бумажных, кожевенных, азотно-туковых предприятий.

Хозяйственно-бытовые стоки состоят, в основном, из фекальных масс. Они обладают большой удобрительной ценностью, так как содержат много азота, фосфора, калия, органических веществ. Вредными в их составе являются щелочные вещества, болезнетворные бактерии, яйца гельминтов.

Животноводческие стоки содержат много органических веществ и являются ценным удобрением. Однако они требуют обеззараживающих мер против болезнетворных бактерий, яиц гельмионтов.

Ливневые воды являются стоками по городской сбросной сети от осадков и поливов. Они содержат в основном, механические примеси.

Смешанные стоки по составу различны.

Сточные воды перед их использованием на орошение проходят механическую, химическую и биологическую очистку. Орошение сточными водами осуществляется с соблюдением мер предосторожности и под постоянным контролем за состоянием почв, грунтов, грунтовых и поверхностных вод.

Орошение сточными водами может быть круглогодичным и вегетационным. При вегетационном орошении поблизости от участка устраиваются пруды-накопители или поля фильтрации, в которые направляются стоки зимой. Из прудов накопителей вода используется на орошение в период вегетации, а отстоявшийся осадок на удобрения. На полях фильтрации сельскохозяйственные культуры не выращиваются, на них производится очистка сточных вод путем фильтрации через грунт.

На участках, орошаемых сточными водами, выращиваются травы, кормовые корнеплоды, зерновые, силосные культуры.

Полив сточными водами осуществляется поверхностным способом по бороздам и полосам, дождеванием, подпочвенным способом. Нормы внесения стоков определяются по потребности растений в воде и по балансам вредных и питательных веществ. При необходимости сточные воды могут разбавляться.

Использование сточных вод на орошение имеет большой экономический и природоохранный эффект [12].

3.10 Борьба с засолением орошаемых земель

3.10.1 Засоленные земли и причины засоления

К засоленным и подверженным засолению относятся земли, содержащие в почвах, грунтах или грунтовых водах соли, вредные для развития сельскохозяйственных культур или ухудшающие свойства почв. Засоление земель наносит большой ущерб народному хозяйству в связи с недобором сельскохозяйственной продукции.

Различают первичное (природное) засоление, зависящее от естественных факторов, и вторичное, связанное с деятельностью человека.

Первичное засоление вызвано неблагоприятными климатическими, гидрогеологическими условиями. Оно возникает в областях с жарким и сухим климатом, на слабодренированных или безотточных территориях в результате испарения минерализованных грунтовых вод и аккумуляции продуктов выветривания.

Вторичное засоление почв в орошаемом земледелии является следствием недостатков техники и режима орошения сельскохозяйственных культур, неправильных приемов хозяйственной деятельности, вызванной недооценкой и недостаточной изученностью природных условий. Вторичное засоление сопровождается снижением или «утратой» плодородия орошаемых почв в результате накопления большого количества легкорастворимых и вредных для растений солей в корнеобитаемом слое почвы.

Основными причинами вторичного засоления почв являются:

- подъем минерализованных грунтовых вод и их испарение;
- перераспределение запасов легкорастворимых солей в почвогрунтах зоны аэрации без общего подъема уровня грунтовых вод при периодическом увлажнении и иссушении
- поступление солей в корнеобитаемый слой почвы с оросительной водой.

Соли в почве подразделяются по степени токсичности по отношению к сельскохозяйственным культурам. Наиболее токсичными являются сода, хлористый и сернокислый натрий, наименее токсичны сульфаты.

По характеру засоления земли делятся на три группы:

1. Земли нейтрального засоления (хлориды и сульфаты натрия);
2. Земли щелочного засоления (карбонаты и гидрокарбонаты натрия);
3. Солонцы и солонцеватые почвы (натрий в почвенном поглощающем комплексе ППК).

Нейтральное засоление распространено в пустынной и полупустынной зонах.

Таблица 3.3 - Тип и степень засоления нейтрально засоленных земель

Тип засоления	$Cl/\Sigma_{сол}$	Степень засоления по % на 100 г. почвы			
		слабо	средне	сильно	солончак
Хлоридное	Более 0,4	0,2	0,4	0,8	>0,8
Сульфатно-хлоридные	0,25-0,4	0,2	0,4	0,8	>0,8
Хлоридно-сульфатное	0,12-0,25	0,4	0,6	0,9	>0,9
Сульфатное	Менее 0,12	0,4	0,8	1,2	>1,2

Щелочное засоление распространено в степной и лесостепной зонах (таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Тип и степень щелочного засоления земель

Тип засоления	Показатель	Степень засоления, % на 100 г. почвы			
		слабо	средне	сильно	очень сильно
Хлоридно-сернистый и содово-хлоридный	$\Sigma_{сол}$	0,20	0,30	0,50	>0,50
	Cl	0,02	0,07	0,10	>0,10
	HCO_3	0,08	0,12	0,18	>0,18
Сульфатно-содовый и содово-сульфатный	$\Sigma_{сол}$	0,25	0,40	0,50	>0,60
	Cl	0,07	0,10	0,20	>0,20
	HCO_3	0,08	0,15	0,20	>0,20

Солонцы и солонцеватые почвы распространены в сухо-степной, степной и лесостепной зонах. К солонцам относятся почвы, содержащие в гумусовом горизонте химически связанный ион натрия, ухудшающий свойства почвы (щелочная реакция, высокая дисперсность минеральной части, связность, набухаемость при увлажнении и сильное уплотнение и твердость при иссушении) Солонцы обладают слабой, водопроницаемостью и небольшим запасом доступной для растений влаги.

Солонцы подразделяются по степени осолонцевания: < 10% натрия в ППК - несолонцеватые и слабосолонцеватые;

10-25% - среднесолонцеватые;

>25% - сильносолонцеватые.

По солеустойчивости сельскохозяйственные растений делятся на: слабосолеустойчивые (клевер, молодая люперна, тимофеевка, слива, яблоня, миндаль); среднесолеустойчивые зерновые, кунжут, лук, помидоры, инжир, груша, акация); солеустойчивые (свёкла, арбуз, хлопчатник, гранат, карагач, тамариск, саксаул черный, акация). Соли оказывают прямое токсичное действие на растения, а также отрицательно влияют на растения за счет высокой концентрации почвенного раствора.

Предельная концентрация солей в почве, выше которой начинается угнетение растений, называется порогом токсичности солей. Величина порога токсичности зависит от водного режима почв, типа засоления и вида сельскохозяйственной культуры.

Пороговые значения токсичности по сумме солей в водной вытяжке: для содового засоления: - 0,05%; для хлоридно-содового, содово-хлоридного, сульфатно-содового и содово-сульфатного - 0,10%; хлоридного - 0,15%; хлоридно-сульфатного - 0,20%; сульфатного с малым содержанием гипса - 0,90%; в солонцах и солонцеватых почвах содержание поглощенного натрия 5% от ППК [12].

3.10.2 Меры по борьбе с засолением земель

Мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель намечаются в зависимости от типа и степени засоления земель, гидрогеологических условий, вида сельскохозяйственных культур и качества воды в водоисточнике.

Основными мерами по борьбе с засолением являются: дренаж, промывки, промывной режим орошения и химические мелиорации. На нейтрально засоленных землях применяют промывки и промывной режим орошения на фоне дренажа. На землях щелочного засоления и на солонцах применяют промывки с внесением химических мелиорантов и дренаж.

Промывка засоленных земель - мелиоративное мероприятие, направленное на удаление избыточного содержания водно-растворимых солей из почв до допустимых, пределов. Промывки осуществляются путем Подачи воды на поверхность почвы, растворения и вытеснения солей вглубь массива (при глубоком залегании уровня грунтовых вод) или удаления солей за пределы массива с помощью дренажа (при близком залегании уровня грунтовых вод).

Промывку засоленных земель нельзя рассматривать как простое вытеснение растворенных солей. Наряду с вытеснением растворенных солей в сквозных порах почв происходит перенос солей в результате разности концентрации (диффузионный перенос), растворение солей твердой фазы, ионный обмен между раствором и твердой частью почв, а также обмен солевого раствора, находящегося внутри агрегатов. В зависимости от характера строения и свойств почв, скорости фильтрации и состава солей будет преобладать тот или иной процесс переноса.

Количество воды, необходимое для растворения и удаления избытка токсичных солей из корнеобитаемого слоя почвогрунтов, называется промывной нормой нетто, измеряемой в метрах слоя воды или м/га ($N_н$).

Промывная норма брутто ($N_{бр}$) равна промывной норме нетто ($N_н$) плюс количество воды ($E_о$), испарившееся с водной поверхности за время промывки $N_{бр}= N_н+ E_о$.

Величина промывной нормы зависит от типа и степени засоления, водно-физических свойств и механического состава почвогрунтов, параметров переноса солей, минерализации и химического состава промывных вод, скорости фильтрации промывных вод, испаряемости и продолжительности промывки.

Расчет промывных норм нетто выполняется по сумме токсичных солей и по иону натрия при сульфатном и хлоридно-сульфатном типах засоления, по иону хлора и натрия - при сульфатно-хлоридном и хлоридном типах засоления и по ионам натрия и HCO_3 - при содовом типе засоления почвогрунтов.

Величину промывной нормы можно определить по аналитическим или эмпирическим зависимостям.

Формула С.Ф.Аверьянова

$$N_Н = 10^4*m(2A\sqrt{D*t}+h) \qquad (3.55)$$

Формула А.И.Голованова [3]

$$N_Н = 10^4*m(2A\sqrt{\lambda mh}+h) \qquad (3.56)$$

где $N_Н$ - промывная норма нетто, $м^3$ /га;

$D = \lambda V$, $м^2$/сут - коэффициент конвективной диффузии;

λ - коэффициент гидродинамической дисперсии, м; является характеристикой пористой среды, зависит от мехсостава почвы;

V - скорость фильтрации воды в почвогрунте, м/сут;

t - продолжительность промывки, сут;

m - активная пористость, в долях от объема;

h - расчетный слой опреснения почв, м;

A - коэффициент зависящий от требуемой степени опреснения почв *C;*

$$C = (C_g - C_n) / (C_o - C_n), \qquad (3.57)$$

где C_o - исходное содержание солей в расчетном слое h (среднее), г/л;

C_g - допустимое содержание солей на глубине h, г/л;

C_n - содержание солей в промывной воде, г/л.

Таблица 3.5 Значения λ в зависимости от механического состава почв (по иону Cl)

Содержание частиц < 0,01 мм, %	λ, м (по Cl)
10	0,01…0,05
10…20	0,05…0,10
20…40	0,10…0,20
40…60	0,20…0,50
60…80	0,50…1,0

Расчетный слой опреснения составляет для полевых культур 0-1 м, для многолетних насаждений – 0-1,5 м. Опреснение этого слоя достигается в промывной и мелиоративный периоды.

Наиболее целесообразным сроком промывки засоленных земель является осенне-зимний (октябрь-декабрь) и зимне-весенний (январь- апрель) периоды, когда наиболее свободны трудовые и водные ресурсы и наименьшее испарение.

Продолжительность промывки определяется хозяйственными условиями, пропускной способностью оросительной сети возможностями источника орошения и условиями отвода промывной воды.

Вода на промывку должна подаваться в размерах, установленных планом промывки и учитываться как по отдельным полям, так и в целом по хозяйству. Площади одновременной промывки определяются пропускной способностью межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной сети

$$M_{ор.сети} \le N_{бр};\ M_{ор.сети} = 86{,}4 * g_{max} * t / \eta_{сети} * K_{фарс},\ м^3/га \qquad (3.58)$$

где g_{max} - максимальная ордината гидромодуля, л/с.га;

t - время промывки, сут;

$K_{форс}$- коэффициент форсирования.

Промывку производят путем затопления мелких чеков отдельными тактами без сброса промывной воды или с постоянным затоплением и перепуском воды из чека в чек и частичный поверхностным сбросом. Первый способ промывки применяется на слабопроницаемых грунтах, когда необходимо устройство временного дренажа; второй – при промывках под посевами риса. Размеры чеков определяются уклонами поверхности земли и расстояниями между временными дренами и оросителями. Обычно это составляет 20х20 - 50х50 м. Последовательность операций при организации и проведении промывок следующая: планировка, вспашка, устройство чеков. Устройство временной оросительной и дренажной сети, промывка, солевая допромывка (при необходимости), планировка [8, 12].

Постоянный *дренаж* является капитальным сооружением, рассчитанным на длительный срок службы. Поэтому параметры его устанавливаются, исходя из среднегодовой нагрузки эксплуатационного периода, они не рассчитаны на отвод промывных вод при промывках. В связи с этим расчет капитальных промывок включает определение не только величины промывных норм $N_Н$ и продолжительности их проведения, но и параметров временного дренажа, необходимого для обеспечения отвода промывной воды в установленные сроки.

При промывках применяется в основном мелкий (1,0-1,2 м) временный дренаж. Эффективность работы временного дренажа оценивается количеством отведенной воды и, главным образом, солей. Активная зона действия мелкого временного дренажа составляет 2-3 м. Следовательно, в отличие от глубокого постоянного дренажа, он удаляет соли только из расчетного слоя почв.

В соответствии с этим временный дренаж предусматривается *в* случае, когда скорости отвода промывных вод, создаваемые постоянным дренажем, меньше необходимых скоростей отвода промывных вод. Если грунтовые воды до промывки расположены на глубине > 5,м или большая часть промывной нормы может быть размещена в свободной емкости зоны аэрации, то временный дренаж не нужен. Временный дренаж рассчитывается на нагрузку

$$V_{вр}=V-V_п=N_н/10^4 *t-V_п \text{ м/сут} \qquad (3.59)$$

где $V_{вр}$ - нагрузка на временный дренаж, м/сут;

V и $V_п$ - скорость фильтрации и скорость отвода промывных вод, обеспечиваемая постоянным дренажем, м/сут;

$N_н$ - промывная норма нетто, м /га;

t - время промывки, сут.

Временный дренаж рассчитывается с учетом способа промывки. Если промывки проводятся тактами, перерыв между которыми достаточен для впитывания поданной воды, то расстояния между временными дренами определяются по формуле А. Н. Костякова

$$B_{др} = \pi K h / V_{вр} (\ln (B_{др} / d) - 1) \quad (3.60)$$

где h - глубина до уровня воды в дрене, м;
К - коэффициент фильтрации почв, м/сут;
d - диаметр дрены d=0,56(b+h_1);
b - ширина дрены по дну, м,(b=0,2-0,5 м);
h_1- глубина наполнения дрен, м.

Устойчивое поддержание достигнутого в период капитальных промывок опреснения почв обеспечивается в эксплуатационный период созданием общего нисходящего тока поливных вод незначительной среднегодовой интенсивности, который называется промывным режимом орошения.

Промывной режим орошения обеспечивается в основном за счет проведения эксплуатационных поливов (промывок), во вневегетационный период и только в отдельных случаях - при относительно высокой минерализации оросительных вод - за счет увеличения поливных норм вегетационного периода.

Определение интенсивности и сроков осуществления промытого режима орошения производится на основании составления прогноза водно-солевого режима орошаемых земель на период не менее, чем продолжительность ротации сельскохозяйственных культур в севообороте. При составлении прогноза водно-солевого режима орошаемых земель выделяют поливы, межполивные периоды, осенне-зимний, и весенний периоды. Для выделенных периодов с помощью балансовых уравнений находят скорости и направление движения почвенной влаги в зоне аэрации

$$V_o = O_c + m - (И + T_p) / t \quad (3.61)$$

где V_o - скорость движения почвенной влаги, м/сут;
O_c - атмосферные осадки, м /га;
m -поливная норма, м /га;
(И + T_p) - суммарное испарение, м/га;
t - продолжительность периода, сут.

Содержание солей в расчетном слое на конец каждого периода определяется расчетом с использованием моделей солепереноса, соответствующих типу почв и химизму засоления. Интенсивность и сроки осуществления промывного режима устанавливаются подбором, исходя из условия поддержания требуемого солевого режима в расчетном слое с учетом минерализации оросительной воды, водно-физических и физико-химических свойств почв и гидрохимических параметров [3, 12].

При содовом засолении перед капитальными промывками требуются *химические мелиорации*. Химическая мелиорация - это улучшение содово-засоленных почв, солонцов и солонцеватых почв путем внесения в пахотный горизонт химических мелиорантов с последующим удалением продуктов нейтрализации щелочности и обменных реакций с инфильтрационной водой (промывки, поливы, осадки) за пределы корнеобитаемого слоя.

Химические мелиоранты по своему действию можно разделить на две группы:

а) мелиоранты, содержащие кальций (гипс, фосфогипс, глиногипс, хлористый кальций, известняк);

б) мелиоранты, активизирующие кальций самой почвы в результате обменных реакций (оксиляющие мелиоранты – сера, серная кислота, сернокислое железо). Кальций содержащие мелиоранты применяются на безкарбонатных и безгипсовых почвах, окисляющие – на карбонатных.

Расчет дозы химического мелиоранта выполняется по формулам

для солонцов нейтрального засоления

$$G = 0{,}086\ (Na - 0{,}1ППК) \cdot \gamma \cdot h \qquad (3.62)$$

для солонцов содового засоления

$$G = 0{,}086\ [(Na - 0{,}1ППК) + (s - 1{,}0)] \cdot \gamma \cdot h \qquad (3.63)$$

для солонцов с высоким содержанием обменного магния (более 30% от ППК)

$$G = 0{,}086\ [(Na - 0{,}1ППК) + (Mg - 0{,}3ППК)] \cdot \gamma \cdot h \qquad (3.64)$$

где G- доза химического мелиоранта в пересчете на $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ в т/га,Na и Mg- содержание обменных натрия и магния в ППК, мг-экв/100 г;

s - содержание CO+HCO в водной вытяжке, в мг-экв100 г;

ППК - емкость поглощения почвы, мг-экв/100 г;

h - расчетный слой почвы, см;

γ- объемная масса почвы, г/см ;

$К_в$ - коэффициент, учитывающий вымыв части мелиорантов из расчетного слоя с промывной водой;

0,086 - значение 1 мг-экв. гипса в г.

Для определения дозы внесения в почву другого химического мелиоранта используют коэффициенты (эквивалент 1 тонне гипса): для хлористого кальция К = 0,85; для извести - 0,58; для серы - 0,19; для серной кислоты - 0,57 и для сернокислого железа - 1,62 [3].

3.11 Гидротехнические сооружения, средства контроля и управления на оросительных системах

Гидротехнические сооружения на оросительных системах предназначены для управления забором воды из источника, распределением ее на массиве орошения и отводом сбросных вод, для сопряжения элементов системы и учета воды.

Гидротехнические сооружения, забирающие воду из источника орошения в оросительную сеть, называются *головными водозаборными сооружениями*, или головными водозаборами. К головным водозаборам предъявляются требования - обеспечить плановую водоподачу; не пропустить в сеть крупные наносы, лед, шугу и другие плавающие предметы; не

пропустить в сеть избыточную воду в периоды паводков, половодий; иметь надежную конструкцию, водомерные устройства, автоматическое или телемеханическое управление; обеспечить возможность ремонта без прекращения пропуска воды.

Тип головного водозабора определяется видом источника орошения, режимом его уровней и взаимным высотным положением источника орошения и головного элемента оросительной сети. Если отметка уровня воды или напор в источнике выше уровня воды или напора в головном элементе оросительной сети (МК, МТ), применяются самотечные водозаборы. Если уровень или напор воды в источнике ниже расположения головного элемента оросительной сети или; требуемого напора в нем, необходим механический подъем воды, в отдельных случаях возможен плотинный самотечный водозабор.

При самотечном бесплотинном водозаборе из реки в открытую сеть уровень воды в реке в течение всего периода работы оросительной сети должен превышать форсированный уровень воды в голове магистрального канала не менее, чем на 10-20 см. Простейший водозабор с боковым отводом воды и шлюзом-регулятором позволяет забирать не более 20% расхода воды. Для увеличения забираемого расхода до 50% расхода реки и улучшения условий водозабора в русле реки устраивается водозахватная дамба (шпора). Наиболее совершенным водозабором этого типа является боковой бесплотинный водозабор со шлюзом-регулятором, шпорой, отстойником и сбросом. Водозабор желательно устраивать на прямолинейном участке русла или на вогнутом берегу криволинейного участка.

Если расчетный уровень воды в реке в месте водозабора оказался ниже требуемого уровня воды в магистральном канале, самотечный бесплотинный водозабор может быть устроен выше по течению реки с удлинением магистрального канала. Это возможно, если уклон реки больше уклона МК.

Плотинный самотечный водозабор устраивается при необходимости подъема уровня воды в реке, при заборе воды на оба берега, при заборе значительной части или всего расхода реки, при необходимости регулирования стока. При небольших колебаниях уровня воды в водохранилищах для забора воды в оросительную сеть применяются водовыпуски открытого типа (шлюзы-регуляторы), устраиваемые в плотинах или бортах водохранилищ. При значительных колебаниях уровня воды принимаются трубчатые или туннельные сооружения.

Если уровень воды в реке или водохранилище ниже, чем требуемый уровень воды в голове МК или напор в голове МТ, а также при заборе воды из озера, применяется механический водоподъем. Вода поднимается на командные отметки орошаемой территории с помощью насосной станции в регулирующий бассейн, из которого идет МК, или непосредственно в закрытую оросительную сеть. При механическом водоподъеме возрастают капитальные и эксплуатационные затраты, поэтому важное значение имеет экономия поднимаемой воды, выбор экономического варианта машинного

водоподъема. Для машинного водоподъема применяются стационарные, передвижные и плавучие насосные станции.

Стационарные насосные станции применяются при больших расходах подачи воды большие массивы, при сложных графиках водоподачи, требующих нескольких насосов. Стационарные насосные станции дороже по капиталовложениям, но относительно дешевле в эксплуатации для автоматизации их работы.

Передвижные насосные станции применяются для орошения небольших участков и при периодическом режиме работы (например, в зоне неустойчивого увлажнения). Эти станции мобильны, могут использоваться для полива нескольких участков поочередно, на зимний период переводятся в закрытое помещение.

Плавучие насосные станции применяются при колебаниях уровня воды в реке или водохранилище более 5 м, при водозаборе из размываемых русл. Глубина воды в источнике для плавучей насосной станции должна быть не менее 1,5 м.

При устройстве прудов на местном стоке самотечный водозабор может осуществляться тоннелем или трубой в теле плотины, идущими от уровня мертвого объема. При механическом водоподъеме возможно использование стационарной насосной станции при плотине или плавучей насосной станции.

Забор сточных вод ведется из бассейнов-накопителей или бассейнов-отстойников и может быть самотечным в виде открытого шлюза-регулятора или механическим (насосной станцией).

Гидротехнические сооружения на открытой оросительной сети. Для управления движением воды в оросительных каналах и регулирования расходов служат водовыпуски, сбросные сооружения и регулирующие бассейны. Водовыпуски постоянного типа выпускают воду из старших каналов в младшие. Концевые сбросные сооружения устраиваются на каналах с расходами больше 0,5 м/с - для освобождения их от воды на период ремонта или отсутствия поливов. При этом вода сбрасывается в участковый или хозяйственный водосбор. На магистральных и межхозяйственных каналах проектируются аварийные сбросные сооружения. Водовыпуски и сбросные сооружения по конструкции представляют собой обычно регуляторы открытого типа с плоскими или сегментными затворами.

Регулирующие бассейны устраиваются у скважин и насосных станций для суточного и недельного регулирования расходов воды, согласования равномерной подачи воды с неравномерным ее потреблением на оросительной сети.

Регулирование уровней воды в каналах требуется для обеспечения командования старших каналов над младшими или поддержания постоянного уровня воды в канале. Забор воды из старшего канала в младший при расходах меньше нормального обеспечивается с помощью подпорного (перегораживающего) сооружения, которое представляет собой шлюз-регулятор на старшем канале ниже водовыпуска в младший канал. Для

поддержания заданного уровня воды в канале и сброса излишка воды служат водосливы и пороги различных конструкций.

Регулирование скоростей воды в каналах и вертикальное сопряжение каналов и их участков выполняется с помощью быстротоков и перепадов. Перепады необходимы также на каналах, проектируемых с уклонами меньшими, чем уклоны поверхности земли по трассе канала.

Для измерения расходов, уровней и скоростей воды в каналах служат расходомеры, уровнемеры, гидрометрические вертушки и другие устройства, устанавливаемые на гидрометрических постах.

Для проведения воды через препятствия (овраги, каналы, дороги) строятся дюкеры, акведуки, трубчатые переезды.

Содержание наносов в оросительной воде может быть уменьшено с помощью отстойника, который совмещается с головным водозабором или строится в начале оросительной сети. Регулирование температуры воды осуществляется в бассейнах-терморегуляторах, для изменения минерализации воды служат бассейны-смесители.

Все гидротехнические сооружения на открытой оросительной сети выполняются по типовым проектам из унифицированных деталей.

Сооружения на лотковой сети отличаются по конструкции. Водовыпуски из лотка в лоток, сопряжения лотков разных размеров, высотного и планового положения осуществляются с помощью колодцев. Водовыпуски в трубопроводы, временные оросители, выводные борозды представляют собой лотковые гидранты-водовыпуски, монтируемые в секциях лотков при их изготовлении.

Гидротехнические сооружения и арматура на трубчатой оросительной сети. Для обеспечения требуемого режима работы трубчатой сети на ней предусматривается арматура, аналогичная арматуре на сети водоснабжения.

Для распределения воды в звеньях сети и отключения отдельных участков служат задвижки, устанавливаемые в распределительных колодцах.

Водовыпусками из трубчатой сети являются гидранты. Они представляют собой стояки с задвижками, устанавливаемые на поверхности земли или в колодцах.

Сбросные колодцы устанавливаются в пониженных точках трубчатой сети и служат для опорожнения ее после окончания поливов. Вода из сбросного колодца может отводиться в сбросную сеть или откачиваться передвижным насосом на поверхность поля.

Для выпуска воздуха из трубопроводов при пуске воды в сеть или накопившегося в период эксплуатации предусматриваются вантузы в повышенных точках трубчатой сети.

Предохранение трубопроводов от разрушения гидравлическим ударом осуществляется противоударными устройствами и различными предохранительными клапанами, рассчитанными на определенное предельное давление в трубопроводах. При повышении давления выше расчетного клапаны открываются и вода сбрасывается до снижения давления.

На трубчатой сети также предусматриваются гасители напора на участках с большими геодезическими понижениями, вызывающими недопустимое нарастание напоров, упоры на крутых поворотах трубопроводов, где силы инерции могут нарушить устойчивость трубопровода, компенсаторы температурных напряжений на металлических трубопроводах, аппаратура для измерения расходов, давлений, скоростей воды.

Гидротехнические сооружения на коллекторно-дренажной сети предназначены для сопряжения элементов сети, наблюдений за исправностью закрытых дрен и коллекторов, промывкой участков дрен и коллекторов, пересечений открытых элементов сети с дорогами, каналами и другими препятствиями.

На закрытых дренах проектируются смотровые колодцы в начале и в конце дрены, при впадении в закрытый коллектор, в местах изменения уклона дрены или диаметра труб, поворота дрены в плане и по длине дрены не более, чем через 300 м. Эти колодцы служат для наблюдения за работой участков дрены и промывки их.

При впадении закрытых дрен и коллекторов в открытые коллекторы устраиваются устья. При впадении открытого коллектора в открытый устраивается сопрягающее, сооружение, предохраняющее место слияния истоков от размыва и поддерживающее командование старшего коллектора над младшими.

При пересечениях открытых коллекторов с каналами устраиваются акведуки. При пересечениях открытых коллекторов с дорогами должны строиться мосты.

Элементы конструкций гидротехнических сооружений определяются из условия обеспечения требуемого гидравлического режима, устойчивости и прочности элементов, удобства эксплуатации, водонепроницаемости швов.

Расчетными расходами для проектирования конструкций гидротехнических сооружений на оросительной сети являются нормальные и форсированные расходы в соответствующих сечениях каналов. По нормальным расходам производятся гидравлические расчеты сооружений на периодически работающих элементах оросительной сети ($Q_н = Q_{бр}$), по форсированным – на постоянно действующих каналах ($Q_{форс} = K_ф \cdot Q_н$; $K_ф$ = 1,2-1,3 при $Q_н < 1$ м^3/с; $K_ф$ = 1,15-1,2 при $Q_н$ = 1,0-10 м^3/с).

Расчетный расход для аварийного сбросного сооружения на магистральном канале, его ветвях, межхозяйственном канале равен половине нормального расхода воды в канале у места сброса.

Расчетные расходы концевых сбросных сооружений принимаются равными не более половины нормального расхода канала на концевом участке.

Расчетными расходами гидросооружений на коллекторно-дренажной сети являются максимальные расходы.

Дюкеры и акведуки на лотковых каналах рассчитываются по форсированным и проверяются по минимальным расходам воды в соответствующих сечениях канала для недопущения их заиления.

Трубчатые переезды на участковых каналах рассчитываются по нормальным расходам. Скорость воды в дюкерах и трубчатых переездах не должна быть меньше скорости воды в канале,

Расчетные уровни и напоры воды в сооружениях принимаются в соответствии с проведенными гидравлическими расчетами элементов оросительной и коллекторно-дренажной сети для расчетных расходов. По этим уровням и напорам выбирается конструкция сооружения, определяются превышения верха стен над расчетным уровнем. Ширина берм в пределах сооружений определяется общей компоновкой сооружения и условиями удобства эксплуатации.

При разработке конструкций гидротехнических сооружений на мелиоративных системах следует по возможности подбирать типовые проекты. Это возможно на младших элементах системы. Головные водозаборы и гидротехнические сооружения на крупных каналах и коллекторах (межхозяйственных, хозяйственных) выполняются по индивидуальным проектам.

Для контроля за мелиоративным состоянием орошаемых земель и состоянием сооружений на оросительной системе предусматриваются средства контроля, включающие устройства, приборы, оборудование для получения показателей состояния земель и сооружений.

Для наблюдений за глубиной уровня, минерализацией и химическим составом грунтовых вод служат наблюдательные скважины. Перфорированная часть такой скважины закладывается глубже самого низкого уровня грунтовых вод в месте устройства скважины. При необходимости наблюдений за напорами, минерализацией и химическим составом нижележащих подземных вод устраиваются скважины-пьезометры, имеющие перфорацию на исследуемой глубине.

Предусматриваются площадки отбора проб почвы для определения изменений водно-физических и физико-химических свойств почв. Для определения влажности почв применяются различные датчики влажности, влагомеры. Концентрация почвенного раствора может фиксироваться солемерами непосредственно в поле, а химический состав - в лаборатории.

Для замеров расходов и объемов воды в постоянных оросительных и сбросных каналах, коллекторах устраиваются гидрометрические посты.

Метеорологические данные: осадки, температуру воздуха и почвы, влажность воздуха, скорость ветра, испарение получают с близлежащей метеостанции или устраивают на оросительной системе метеоплощадку (метеопост).

Средства управления работой оросительных систем включают пульты управления, линии связи и датчики контроля за мелиоративным состоянием земель. Современные автоматические линии управления гидротехническими сооружениями, оборудованные информационно-советующими и управляющими электронно-вычислительными комплексами, позволяют на оросительных системах поддерживать оптимальные режимы работы и оперативно учитывать изменения метеоусловий, состояния земель, элементов оросительной системы, организационно-хозяйственных условий.

4 Природоохранные мероприятия

Мелиоративная система, т.е. комплекс сооружений, устройств, машин и оборудования, является сложной инженерной системой и рассматривается как природно-техногенный комплекс.

Для того чтобы система гармонично функционировала, она должна быть создана с учетом детальных знаний о сложных процессах, протекающих в природе, связях между компонентами природы, обмене веществом, энергией, информацией.

Мелиорация земель, как сильный природообразующий фактор может приводить к негативным экологическим последствиям. Поэтому непременной составляющей работ по мелиорации земель являются недопущение ущерба природным системам и другим землепользователям или компенсация этого ущерба, что требует дополнительных мероприятий, дополнительных затрат.

При создании мелиоративных систем необходимо соблюдать принципы природообустройства.

Часто обоснование и проектирование тех или иных видов мелиораций осуществлялось с учетом явного приоритета требований сельскохозяйственного производства и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, без объективно необходимого анализа последствий тех конкретных изменений, которые происходят практически во всех компонентах природы после проведения мероприятий.

Вместе с ростом урожайности сельскохозяйственных культур в результате мелиорации отмечаются и негативные побочные эффекты, приносящие ущерб окружающей среде. К таким негативным эффектам можно отнести:

– вымыв питательных веществ из почвы в подстилающие грунты и грунтовые воды в результате усиления промывного режима;

– повышение минерализации органического вещества почвы;

– усиление водной и ветровой эрозии почв в результате сведения леса, распашки земель и ускорения поверхностного стока;

– коренное изменение содержания и направленности почвообразовательных процессов и как результат, к образованию новых антропогенных почв;

– загрязнение водоемов и подземных вод химическими и биологическими веществами, поступающими в них с дренажными водами;

– изменение гидрологической и гидрогеологической обстановки на сопредельных территориях.

При проектировании и проведении мелиоративных мероприятий необходимо помнить, что встроенные в ландшафт или в геосистемы любого ранга искусственные сооружения (мелиоративные системы) или вносимые в него новые элементы (посевы новых культур, здания, сооружения) должны функционировать в нем, подчиняясь природным законам [3].

При проектировании мелиоративной системы в ней предусматривают природоохранные элементы, которые либо исключали бы, либо существенно ослабляли возможное негативное воздействие на все компоненты природы, как на участке проектирования, так и на прилегающих территориях.

Для разработки природоохранных элементов и мероприятий проводят необходимые изыскания и исследования на проектируемом участке и на прилегающей к нему территории. По результатам предварительных исследований дают оценку естественных биогеоценозов, подготавливают прогноз их изменений под влиянием мелиорации, освоения и сельскохозяйственного использования земель, а затем предлагают мероприятия по минимизации негативных последствий.

С учетом геосистемного подхода природоохранные мероприятия разрабатывают для основных компонентов природы: почвы, недр, воды, растительности, животного мира, воздушного бассейна, а также для объектов, представляющих культурную и историческую ценность.

Выделяют следующие виды мероприятий по охране окружающей среды:

– мероприятия, выполняющие одновременно природоохранные и основные функции мелиоративной системы (например, лесные полосы);

– мероприятия, ликвидирующие или предотвращающие негативные последствия функционирования мелиоративной системы (локальные очистные сооружения для очистки дренажного стока);

– мероприятия, восстанавливающие земли, нарушенные в результате негативных последствий мелиорации (промывка почв для предотвращения вторичного засоления и т.п.).

Для правильной дозировки антропогенного воздействия оказываемого мелиоративной системой на окружающую среду выделяют пять зон влияния мелиоративной системы:

I – внутренняя, в контурах мелиоративной системы;

II – внутренняя, охватывающая немелиорируемые площади в контурах мелиоративной системы;

III – непосредственно прилегающая зона влияния;

IV – отдаленная зона влияния;

V – зона воздушного пространства в контурах всех зон [7].

Зоны влияния выделяют по основным признакам – прогнозный уровень грунтовых вод, рельеф объекта и прилегающей территории, а их границы уточняют по дополнительным признакам.

К дополнительным признакам относятся:

– локальные депрессии рельефа и возвышенности на участке проектирования и прилегающей территории;

– механический состав и высота капиллярного поднятия грунтов;

– наличие почвенного покрова и тип почв;

– растительность, преобладающая на прилегающих землях (лесная, луговая и др.);

– общее направление потока грунтовых вод (в сторону объекта мелиорации или от него);

– химический состав грунтовых вод и прогноз его изменения после регулирования уровня грунтовых вод на участке проектирования.

Мероприятия по охране окружающей среды состоят из:

– мероприятий по охране почв;

– мероприятий по охране вод;

– мероприятий по охране флоры и фауны;

– мероприятий по охране исторических и культурных ценностей;

– мероприятий по сохранению научной и эстетической ценности ландшафтов;

– рекреационных мероприятий.

Мелиоративные мероприятия, обеспечивающие мелиоративный режим, по своей сути являются мероприятиями по охране почв. К этому виду относятся также мероприятия по предотвращению водной эрозии почв. Для предотвращения эрозии предусматривается сохранение куртин леса и отдельных деревьев, посадка лесных полос.

Мероприятия по охране вод включают создание прибрежных водоохранных зон по берегам рек и крупных каналов (ширина водоохраной зоны может достигать 300-1000 м и более). К этому виду мероприятий также относится охрана водоемов и водотоков от загрязнения и истощения, мелиорация водоемов (очистка водоемов, разведение растительноядных рыб), охрана подземных вод.

Водоохранные мероприятия должны осуществляться комплексно всеми отраслями народного хозяйства. Они включают: внедрение очистки стоков и технологий с замкнутыми циклами; введение нормативной документации на потребление воды и сбросы сточных вод; экономию воды на оросительных системах; использование сбросных, дренажных и сточных вод для орошения земель; правильное размещение животноводческих комплексов и др.

Мероприятия по охране фауны направлены на ее сохранение и приумножение. С этой целью рекомендуется:

– согласовывать мелиоративные мероприятия на объектах, где обитают водоплавающие птицы и пушные звери, с органами охотхозяйства, а на реках и водоемах, имеющих рыбохозяйственное значении, с органами Главрыбвода;

– не осушать болота и заболоченные земли, не спускать воду из озер и не регулировать реки в местах обитания бобров и ондатры; переселять бобровые поселения в исключительных случаях по согласованию с охотхозяйствами;

– не уничтожать древесно-кустарниковую растительность арборицидами, ограниченно применять выжигание растительности, предусматривать мероприятия по предотвращению гибели животных на дорожной сети, при пересечении каналов, при сельскохозяйственных работах и т.д.;

– применять рыбозащитные сооружения на насосных станциях;

– предусматривать мероприятия по сохранению нерестилищ и зимовальных ям при регулировании рек и польдерном осушении;

– предусматривать создание лесных защитных полос с посадкой в них древесных и кустарниковых пород, являющихся природным кормом для полезных животных и птиц.

Мероприятия по охране флоры при осушении должны обеспечивать сохранение редких видов растительности (ягодники, лекарственные растения, лесопарки и пр.), ценных кормовых угодий, создание резерватов и заповедников.

Мероприятия по охране ландшафтов должны обеспечивать сохранение отдельных элементов ландшафта, имеющих научную, культурную и эстетическую ценность, в неприкосновенности. На осушаемой территории необходимо сохранять отдельные рощи, группы деревьев и отдельные деревья, водопады, родники, геологические обнажения, курганы, памятники природы и культуры.

К рекреационным мероприятиям относятся: очистка водоемов, устройство мест для купания на каналах, пляжей и т.п. [8].

Предпроектная и проектная документация на проведение мелиоративных работ подлежит государственной экологической экспертизе в соответствии с Законом Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» и с «Положением о государственной экологической экспертизе», которая проводится экспертными комиссиями, образованными Министерством природных ресурсов РФ.

Список использованных источников

1. Бабиков, Б.В. Гидротехнические мелиорации: учеб. для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. / Б.В. Бабиков. – СПб.: ЛТА, 2002. – 294 с.
2. Гидротехнические мелиорации: Учебное пособие для самостоятельной работы студентов очного и заочного обучения по направлению 656200 «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство» / Брян. гос. инженер.-технол. акад.; Сост. В.И. Шошин, А.В. Прутской. – Брянск, 2006. – 412 с.
3. Голованов, А.И. Основы природообустройства: Учеб. для вузов / А.И. Голованов, Т.И. Сурикова, Ю.И. Сухарев и др. – М.: Колос, 2001. – 264 с.
4. Голченко, М.Г. Мелиорация и эксплуатация гидромелиоратвных систем / М.Г Голченко, Г.И. Михайлов, П.У. Равовой; Под. общ. ред. М.Г. Голченко. – Мн.: Высш. шк., 1985. – 303 с.
5. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Брянской области в 2008 году»/ Комитет природопользования и охраны окружающей среды, лицензирования отдельных видов деятельности Брянской области; сост.: С.А. Ахрименко, А.В. Городков, Г.В. Левкина, О.А. Фильченкова, А.И. Сахаров. – Брянск, 2009. – 306 с.
6. Костяков, А.Н. Основы мелиорации: Учеб. для вузов / А.Н Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.
7. Максимов, С.А. Мелиорация сельскохозяйственных земель в Нечерноземной зоне России: учебное пособие / М.: МГУП, 2004. – 103 с.
8. Маслов, Б.С. Справочник по мелиорации / Б.С. Маслов, И.В. Минаев, К.В. Губер. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 384 с.
9. Марков, Е.С. Мелиорация пойм Нечерноземной зоны / Е.С. Марков. – М.: Колос. 1973. – 320 с.
10. Мелиорация и водное хозяйство. 3. Осушение: Справочник / Под ред. Б.С. Маслова. – М.: Агропромиздат, 1985. - 448 с.
11. Мелиорация и водное хозяйство. 4. Сооружения: Справочник / Под ред. П.А. Полад-заде. – М.: Агропромиздат, 1987. - 464 с.
12. Мелиорация и водное хозяйство. 6. Орошение: Справочник / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. - 416 с.
13. Основные положения по гидролесомелиорации Сост. В.И. Березин, Г.Б. Великанов, С.Э Вомперский, Ю.А. Добрынин, А.А. Книзе, Е.Д Сабо, В.Н. Федорчук; Под общ. ред. В.К. Константинова. – Спб.: СПбНИИЛХ, 1995. – 59 с.
14. Практикум по сельскохозяйственным мелиорациям / Под. ред. С.Ф. Аверьянова. – М.: Колос, 1970. – 344 с.
15. Преображенский, К.И. Культуртехнические работы на закустаренных землях Нечерноземной зоны РСФСР / К.И. Преображенский. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1983. – 119 с.
16. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.– Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 450 с.

17. Руководство по осушению лесных земель. / Сост. Ю.Н Иванов, Б.А. Ушаков, Ю.П. Зюков, Е.Д. Сабо // Гослесхоз СССР. – М., 1985. – Ч. 1 – Изыскания. – 64 с.; 1986. – Ч. 2. - Проектирование. – 100 с.; 1986. – Ч. 3. – Приложения. – 115 с. М.: Союзгипролесхоз, 1986. – 35 с.
18. Сабо, Е.Д. Справочник гидролесомелиоратора / Е.Д.Сабо, Ю.Н.Иванов, Д.А.Шатилло. - М.: Лесн. пром-сть, 1981.- 200 с.
19. Сабо, Е.Д. Гидротехнические мелиорации ландшафта. Ч. 1: учеб. пособие / Е.Д.Сабо, О.В. Кормилицина, В.В. Бондаренко. 2-е изд. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 124 с.
20. Сапунков, А.П. Применение дождевальной техники: современные тенденции / А.П. Сапунков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 126 с.
21. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения /Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 80 с.
22. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации: Учеб. для вузов. / Под ред. Е.С. Маркова. – М.: Колос, 1981. – 375 с.
23. СП 33-101-2003. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: ЦИТП Госстроя России, 2003. – 73 с.
24. Федеральный закон «О мелиорации земель». – М.: Кремль, РФ, 10 янв. 1996 г. (№ 4-Ф-3). – 25 с.
25. Ясинецкий, В.Г. Организация и технология гидромелиоративных работ: Учеб. для вузов. / В.Г Ясинецкий, Н.К. Фенин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 352 с.

Егорова Светлана Вячеславовна

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

Учебное пособие

для студентов вузов, обучающихся
по направлению 560700 «Природообустройство»

Подписано к печати 05.03.2010 г.
Формат 60x90 1/6 ОП. Объем 10,8 п.л. Тир. 40 экз.

ГОУ ВПО Брянская государственная инженерно-технологическая академия
241037, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, 3
Редакционно-издательский отдел, тел. 64-95-62

Отпечатано в Брянском центре научно-технической информации
241050, г. Брянск, ул. Горького, 30
тел. (4832) 74-09-43, 66-09-18
e-mail: cnti@online.bryansk.ru