

# 1. ВВЕДЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИЮ

## 1.1. Общие сведения о мелиорации почв

В современных условиях ресурсы продовольствия в основном создаются в трех отраслях народного хозяйства: сельском, рыбном и лесном. Практически монопольными источниками продовольствия служат земля, вода и лес как объекты целенаправленной деятельности человека. Однако в настоящее время и в обозримом будущем наиболее надежным и перспективным источником производства продуктов питания останется сельское хозяйство, продукция которого в балансе продовольственных ресурсов имеет решающее значение. Понятно также стремление добывать в морях, реках, озерах больше рыбы и другого сырья для производства продуктов питания, увеличивать сбор лесных даров. Но во избежание нарушения природного равновесия допустимые резервы этих промыслов все же будут сознательно ограничиваться.

Сельское хозяйство – наиболее древняя отрасль материального производства. Его история – это история деятельности людей, направленной на повышение продуктивности культурных растений и домашних животных, для обеспечения и улучшения условий существования человечества.

В отличие от промышленности особенность сельскохозяйственного производства заключается в характере использования природных ресурсов, организации труда, большой неоднородности условий, в которых оно осуществляется, а также в своеобразии получаемой продукции.

На устойчивость сельскохозяйственного производства большое влияние оказывают природно-климатические условия региона и плодородие почвы. В свою очередь, плодородие почвы подразделяется на естественное (потенциальное) и искусственное (эффективное). Последнее создается и поддерживается воздействием человека через систему различных агротехнических и мелиоративных мероприятий: обработкой почвы, внесением органических и минеральных удобрений, регулированием водного режима (осушением, орошением) и др.

Слово «*мелиорация*» происходит от латинского «*melioratio*», что в переводе означает улучшение. В более конкретном выражении мелиорация представляет собой комплекс мероприятий, направленных на регулирование (улучшение) основных компонентов природной среды (факторов жизни растений).

Улучшением земель для расширения площадей и повышения продуктивности используемых угодий люди занимаются со времени появления земледелия.

Испокон веков человек стремился укротить стихию воды, улучшить водный режим почв, увеличить площади земель, пригодных для сельскохозяйственной обработки. Но не всегда эти попытки были обоснованы экономически и экологически, не всегда соответствовали объективным потребностям общества.

Интенсивность воздействия человека на окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности нарастала в ходе эволюции человечества. Искусственное *орошение* как вид мелиорации на земном шаре стали применять 3–4 тыс. лет до н. э. в Египте, Китае, Ираке и Индии. В Ираке, в долине рек Тигра и Евфрата, до наших дней сохранились остатки древнейшего оросительного канала Нарван, сооружение которого относится к периоду существования одной из самых древних цивилизаций. В предгорьях Байсунтау, на юге Узбекистана, также обнаружен древний искусственный канал, ему 3 тыс. лет.

Таким образом, работы по орошению земель в южных регионах стали проводиться, по существу, одновременно с началом культурного земледелия. Об этом свидетельствуют многочисленные остатки древних оросительных систем в Хакасии (Восточная Сибирь), низовьях Амударьи. Все работы в то время выполнялись вручную под руководством народных мастеров. При этом наибольший объем работ по орошению земель, как правило, приходился на периоды мирного существования, т. е. развитие и состояние орошения были тесно связаны с историей государств.

Оросительные мелиорации на территории Восточной Европы стали интенсивно развиваться на Северном Кавказе, в Поволжье, Барабинской степи, Причерноморье и других районах с XIX в. Особо пристальное внимание на развитие орошения обращалось после засух, неурожаев и голода 1880, 1891–1892 гг. К тому времени относится организация в Российской Империи специальных экспедиций по орошению, впоследствии замененных постоянными органами по руководству мелиоративным делом. В хлопководческих районах началось строительство крупных для того времени оросительных систем, например Мургабской, Голодностепской, Муганьской и др. В 1913 г. было окончено строительство канала для орошения на 35 тыс. га земель в Голодной степи.

*Осушительные мелиорации* стали применять значительно позже оросительных. Например, первые упоминания об осушении в восточнославянских княжествах относятся к XI–XV вв. (Новгород, Москва). Достоверные данные о первых мелиоративных работах появляются в документах XV в. Мелиорация земель проводилась тогда в форме расчисток полей от растительности и их последующего окультуривания.

Начало организованной осушительной мелиорации в сельскохозяйственных целях приходится на 1813 г., когда в окрестностях Петербурга развернулись работы по осушению 395 га земель. Закончились они в 1817 г. До 1829 г. там было осушено еще 500 га земельных угодий под огорода и луга.

Внимание к развитию осушения земель усилилось во второй половине XIX в. Начало крупным осушительным мероприятиям на территории Российской Империи положила Западная экспедиция по осушению болот, организованная в 1873 г. под руководством И. И. Жилинского. В результате были проведены работы по осушению в центральных губерниях и Полесье. Впоследствии была образована и Северная экспедиция по осушению болот.

Первые сведения о водохозяйственных работах на территории Беларуси относятся к началу XVI в. В районе г. Кобрин был прорыт канал длиной около 20 км. В 1770–1784 гг. осуществлялось строительство канала Огинского протяженностью 54 км, который соединил реки Припять и Неман. Канал существует и в настоящее время. Строительство Днепровско-Бугского канала протяженностью 196 км началось в 1775 г. и продолжалось почти 68 лет. Каналы строили в основном для навигации и лесосплава, но они оказали большое влияние и на осушение прилегающих болот.

Самые большие мелиоративные работы по тем временам выполнены во время проведения Западной экспедиции. С 1873 по 1898 г. вручную построено 4,5 тыс. км мелиоративных каналов, улучшены сотни тысяч гектаров естественных сенокосов и лесных угодий.

Особое место в истории осушительных мелиораций принадлежит Горы-Горецкому сельскохозяйственному институту (ныне Белорусская государственная сельскохозяйственная академия). В 1853–1860 гг. на территории участка «Иваново» этого института на большой площади профессором А. Н. Козловским был заложен закрытый гончарный дренаж – один из первых и старейших в Восточной Европе. Этот гончарный дренаж представляет огромный интерес для специалистов, поскольку был построен для самых разнообразных целей: осушения

минеральных тяжелых почв с атмосферным водным питанием, лугов, низинных торфяников, замкнутых заболоченных западин, а также осушения строительных площадок крупных зданий и снижения гидродинамического напора грунтовых вод в нижних частях откосов каналов во избежание их выпучивания и обрушения.

Как государственное дело водная мелиорация земель получила признание в 1894 г., когда при тогдашнем Министерстве земледелия и государственных имуществ Российской Империи был создан отдел земельных улучшений. В своей работе отдел опирался на опыт мелиорации казенных земель, накопленный, по крайней мере, за два предыдущих пятилетия. Однако по сравнению с другими странами темпы мелиоративных работ здесь были невысокими. Так, с 1870 по 1905 г. на осушение было израсходовано 8,3 тыс. руб., в то время как в США – 167,8, а в Англии – 129,9 тыс. руб.

## **1.2. Классификация мелиораций и их комплексность**

В широком географическом плане в зависимости от того, на какой из компонентов природной среды направлены мелиоративные мероприятия, они могут быть различных типов, подтипов и видов (табл. 1.1). В свою очередь, каждый вид в зависимости от способов проведения мелиорации может подразделяться на ряд подвидов.

Применительно к условиям Беларуси и в зависимости от задач, которые решаются при осуществлении сельскохозяйственных мелиораций, эти мелиорации обычно подразделяют на следующие основные типы (подтипы): гидротехнические (гидромелиорации), агромелиорации, культуртехнические, почвозащитные (борьба с водной и ветровой эрозией почв), химические, лесомелиорации.

Гидротехнические мелиорации – это система мероприятий, посредством которых достигается регулирование в заданных пределах или упорядочение (улучшение) водного режима территории. Эти мелиорации выполняют роль перераспределителей влаги во времени и пространстве с целью повышения плодородия почв, рационального использования водных и земельных ресурсов и улучшения природных условий.

Распространение различных видов гидротехнических мелиораций в основном имеет зональный характер. С изменением потребностей и экономических возможностей общественного производства меняется характер проводимых гидротехнических мелиораций.

Таблица 1.1. Классификация мелиораций по воздействию на природные компоненты или их комплексы

Тип 1	Подтип 2	Вид 3
Водные (гидротехни- ческие)	Осушительные	Осушение болот
		Осушение заболоченных земель
	Паводко-регулирую- щие	(Б) Борьба с затоплением и паводками
		Борьба с подтоплением
		Ликвидация застоявания вод атмосферных осадков
	Оросительные	Увлажнительное орошение
		Удобрительное орошение
		Отеплительное орошение
		Почвоочистное орошение
	Осушительно- увлажнительные (осушительно- оросительные)	Регулирование водно- воздушного режима осушаемых почв
		Орошение осушаемых болот и заболоченных земель
	Обводнительные	(О) Обводнение безводных территорий
		(О) Обводнение маловодных территорий
		Обводнение в гумидной зоне
Агротехни- ческие	Осушительно- регулирующие	Устройство ложбин
		Узкозагонная вспашка
		Профилирование почвы
		Бороздование
		Гребневание
		Грядование
		Щелевание
		Кротование
	Аккумуляционные	Безотвальное рыхление
		Глубокая вспашка
		Разуплотнение почвы
Земельные	Почвозащитные	Борьба с плоскостной эрозией
		Борьба с овражной эрозией
		Борьба с дефляцией почв
		Борьба с суффозией почв
	Почво-реконструк- тивные	Создание почвенного покрова
		Гранулометрическое обогащение почв (пескование, глинование)
		Увеличение перегнойного горизонта
	Культуртехнические	Планировка поверхности
		Землеочистка
Землеустройство		

1	2	3
Земельные	Ландшафтно-рекультивационные	Рекультивация:
		карьеров
		торфяных выработок
		отвалов горных пород
		золоотвалов
Растительные	Фиторе-конструктивные	Создание лесополос
		Сплошное лесонасаждение
		Фитонцидные насаждения
	Ландшафтнoзащитные	Водоохрана
		Ветрорегулирование
		Снегорегулирование
		Берегозащита
Климатические	Тепловые	Борьба с заморозками
		Акваторно-тепловая
		Агротепловая
		Борьба с выпреванием
		Борьба с вымерзанием
	Влагораспределительные	Искусственное вызывание атмосферных осадков
		Регулирование снеготаяния
Химические (агрохимические)	Солеобогатительные	Внесение минеральных удобрений
		Регулирование распределения питательных веществ в ландшафте
	Кислоторегулирующие	Известкование почв
		Кислотование почв
		Гипсование почв
	Почвоукрепляющие	Оструктурирование почв
		Противодефляционное закрепление почв
		Силикатизация почвогрунтов
	Санитарно-дезинфекционные	Применение арборицидов
		Применение пестицидов

Из других типов (подтипов) применяемых в Беларуси мелиораций наиболее распространены следующие:

- агрохимические мелиорации, в задачу которых входит улучшение химизма корнеобитаемого слоя почвы путем внесения удобрений;
- известкование кислых почв;
- агротехнические мелиорации, которые являются обязательным дополнением гидротехнических при осушении почв с низкой водопр-

ничаемостью и проводятся с целью отвода избыточной воды по поверхности и пахотному слою почвы, создания дополнительных запасов продуктивной влаги в подпахотном слое, улучшения теплового режима и повышения биологической активности почвы;

– культуртехнические мелиорации, которые проводятся с целью создания условий для производительного использования сельскохозяйственной техники и окультуривания корнеобитаемого слоя почвы (расчистка кустарников, корчевка пней, деревьев, срезка кочек, уборка камней, планировка поверхности, первичная обработка, другие мероприятия по сохранению и повышению плодородия почв);

– агролесомелиорации, включающие систему мероприятий, направленных на улучшение почвенных, климатических и гидрологических условий биологическими методами, путем выращивания тех или иных лесных насаждений.

Наибольший эффект мелиорации дают в том случае, если одновременно с гидротехническими мероприятиями осуществляются агротехнические, культуртехнические и агрохимические в зависимости от природных условий и характера использования земли.

### **1.3. Виды объектов мелиорации, водного хозяйства и обустройства сельских территорий**

В области мелиорации и водного хозяйства *по назначению* выделяются следующие объекты:

1. *Гидромелиоративные системы (ГМС)*. Их назначение – гидротехнические (водные) мелиорации сельскохозяйственных земель в сочетании с другими видами мелиораций (культуртехническими, агротехническими и др.). ГМС подразделяются на следующие виды: а) по регулированию водного режима почв (осушительные, осушительно-увлажнительные, оросительные, в том числе с использованием животноводческих стоков); б) по конструкции мелиоративной сети (открытые, закрытые, комбинированные); в) по сопряжению с водоприемником (самотечные, с механическим водоотводом, польдерные, с вертикальным дренажем).

2. *Водохозяйственные объекты (системы и сооружения)*. Их назначение – обводнение территории, сельскохозяйственное водоснабжение, гидроэнергетика, рыбоводство, создание ландшафта и зон отдыха. К данным объектам относятся: водохранилищные гидроузлы, пруды с земляной плотиной; речные водозаборные гидроузлы; водозаборы

подземных вод, обводнительные каналы, системы сельхозводоснабжения; отдельные гидротехнические сооружения.

*3. Объекты обустройства сельских территорий.* Общее назначение – комплексное обустройство сельских населенных мест и прилегающих земель.

*По характеру расположения на местности* вышеприведенные объекты условно делятся на площадные, линейные и локальные.

*Площадными* считаются объекты, занимающие значительную территорию (обычно от нескольких до сотен гектаров), длина и ширина которых примерно одного порядка. К ним относятся мелиоративные системы, пруды, водохранилища, сельские населенные пункты, крупные производственные площадки. Самостоятельным видом площадных объектов являются также участки для добычи торфа и месторождения местных строительных материалов.

*Линейными* называются объекты или сооружения с большой протяженностью и относительно малыми поперечными размерами. Это каналы, трубопроводы, дороги, дамбы, коммуникационные сети. К естественным линейным объектам можно отнести реки.

*Локальные* сооружения занимают незначительные участки территории (площадки), в пределах которых варьирование природных условий отмечается преимущественно в вертикальной плоскости. К таким объектам относятся отдельные гидротехнические сооружения (шлюзы-регуляторы, трубы-регуляторы и др.), здания (насосных станций, жилые, производственные), буровые скважины (водозаборные, вертикального дренажа).

Такие сооружения, как плотины и мосты, имеющие более специфическую конфигурацию, можно назвать локально-линейными.

#### **1.4. Особенности мелиорации земель в Республике Беларусь**

Республика Беларусь географически расположена на стыке зон избыточного и неустойчивого увлажнения. Причем отличительной характеристикой республики является наличие на ее территории водораздела между бассейнами двух морей – Балтийского и Черного. К Черноморскому бассейну относится река Днепр, протекающая по восточной части Беларуси, и ее многочисленные притоки, крупнейшим из которых является Припять. Ее водосбор занимает весь юг республики, формируя уникальный регион – Полесскую низменность. Эта зона занимает около 6 млн. га, охватывая до 30 % территории Республики Беларусь.

Белорусское Полесье – один из наиболее заболоченных регионов: более чем на половине сельскохозяйственных угодий здесь действуют природные факторы, вызывающие переувлажнение. Именно на юге Беларуси расположены основные болота республики (около 2,5 млн. га), из них более 80 % относятся к болотам низинного типа.

Отличительной чертой этого региона до недавнего прошлого являлась островная, мозаичная структура сельского хозяйства. Основные пахотные угодья исторически располагались здесь на низкоплодородных песчаных холмах, хаотично разбросанных среди бескрайних болотных массивов. Земледелие региона отличалось непредсказуемостью, сильнейшей зависимостью от погодных условий, низкой эффективностью. Недостаток пахотной земли, преобладание в сельскохозяйственном использовании легких по гранулометрическому составу песчаных и рыхлосупесчаных почв ставили сельское хозяйство края в сильнейшую зависимость от погодных условий, делали его стихийным и непредсказуемым.

К бассейну Балтийского моря относятся такие крупные реки, как Неман и Западная Двина с их многочисленными притоками. Характерной особенностью их водосборов, которые по площади занимают около половины Беларуси, является развитый мезорельеф и большая пестрота почвенного покрова, наличие крутых склонов, переувлажненность низин, мелкоконтурность пахотных угодий, закустаренность, завалунность.

Уровень земледелия и соответственно устойчивость продовольственного баланса в любом государстве определяется состоянием (качеством) земельного фонда. Почвенно-климатические и гидрогеологические факторы, формирующие земельный фонд Беларуси, приводили к тому, что значительная его часть (более 40 %) не могла без улучшения эффективно использоваться в сельскохозяйственном производстве из-за высокой переувлажненности и заболоченности. Развитие сельскохозяйственной отрасли Беларуси требовало мер государственного масштаба, позволяющих повысить продуктивность сельскохозяйственных угодий, увеличить объемы сельскохозяйственного производства.

В целом мелиоративный фонд Республики Беларусь (к нему относились потенциально плодородные земли, отличающиеся постоянным или периодическим переувлажнением) составляет 8 млн. га, в их числе 4,5 млн. га можно было считать первоочередным мелиоративным фондом. Эти земли наиболее потенциально плодородны, но интенсивному

использованию их в сельскохозяйственном производстве препятствуют природные факторы, формирующие неудовлетворительный водный режим.

Главные особенности почв Беларуси обуславливаются расположением республики на юго-западе обширной дерново-подзолистой зоны с умеренно континентальным климатом, длинным вегетационным периодом, высоким биоклиматическим потенциалом.

Северная часть территории Республики Беларусь входит в Прибалтийскую, южная – в Белорусскую часть южно-таежной зоны дерново-подзолистых почв. Почвообразующие породы: 12,6 % – озерно-ледниковые и лессовые, 12,7 – моренные, 41,3 – водно-ледниковые, 17,0 – древнеаллювиальные, 6,8 – аллювиальные, 9,6 % – болотные; по механическому составу: глинистые – 0,05 %, суглинистые – 31,6, супесчаные – 27,7, песчаные – 31,0, торфяные – 9,6 %.

Почвы республики образовались под влиянием подзолистого, дернового и болотного процессов. Значительно влияют на формирование почв окультуривание и эрозия. Основной тип почв в республике – дерново-подзолистые. Эти почвы занимают около 70 % всей территории. В связи с большим разнообразием почвообразующих пород дерново-подзолистые почвы Беларуси очень разнообразны. Разные по гранулометрическому составу, они неодинаковы и по плодородию. Сельскохозяйственные угодья характеризуются большим разнообразием, обусловленным их гранулометрическим составом, степенью увлажнения, проявлением эрозионных процессов, степенью закустаренности.

### **1.5. Основные почвообразовательные процессы**

Почвообразование – сложный природный процесс образования почв из горных пород под воздействием комплекса факторов, в том числе антропогенных. Каждая конкретная почва является результатом длительного естественного развития и сочетания различных почвообразовательных процессов, прежде всего подзолистого, дернового (гумусово-аккумулятивного) и болотного.

*Подзолообразовательный процесс* развивается под пологом лесной, в первую очередь, хвойной растительности в условиях влажного климата. В результате разложения лесной подстилки на фоне изреженного травостоя под влиянием органических кислот происходит разрушение первичных и вторичных минералов, а также вынос продуктов разрушения из верхних горизонтов в нижние или за пределы почвенного профиля. Горизонт выноса обогащается аморфным кремнеземом, ко-

торый обеднен элементами питания, илистыми частицами. Для него характерна кислая реакция, светло-серый или белесый цвет. Это делает его похожим на золу, что объясняет его название – подзолистый горизонт. Иллювиальные горизонты в результате подзолообразования уплотняются, обогащаются илистыми частицами, гидроксидами железа и алюминия.

*Дерновый (гумусово-аккумулятивный) процесс* протекает под действием травянистой растительности в условиях влажного климата. Особенно энергично он происходит на рыхлых карбонатных породах (лессах). Главной особенностью дернового процесса является накопление гумуса, питательных веществ и создание водопрочной структуры. В наиболее выраженной форме этот процесс происходит на заливных лугах речных пойм, хорошо выражен на юге таежно-лесной зоны, где имеются изреженные широколиственные леса, под пологом которых хорошо растет травостой.

*Болотный процесс* развивается под влиянием болотной (моховой и осоковой) растительности в условиях избыточного увлажнения поверхностными и грунтовыми водами. Главными чертами процесса являются торфообразование и оглеение.

*Торфообразование* представляет собой преобразование и консервацию органических остатков растений в результате замедленной гумификации. В накоплении торфа участвуют мхи, осоки, тростники и другая травянистая растительность. Среди древесных насаждений в этом процессе принимают участие ива, береза, ольха и др. Накопление торфа идет очень медленно (1,5–2,0 мм/год). Его мощность может достигать 10 м и более. В этом случае нижние слои торфа выступают как органогенная порода.

*Оглеение* или глееобразование является сложным биохимическим восстановительным процессом, который протекает в анаэробных условиях при непрерывном наличии органического вещества и участии анаэробных микроорганизмов. На процесс глееобразования влияет длительность переувлажнения. Если имеет место длительное переувлажнение, то закисное железо взаимодействует с кремнеземом и глинистыми минералами, образуя вторичные алюмосиликаты. В результате оглеения в почвенном профиле формируется горизонт, имеющий оливковую, сизую или синеватую окраску. Характер окраски зависит от типа водного питания, которое может быть поверхностным (атмосферными водами) и грунтовым (почвенно-грунтовыми водами).

*Поемный процесс* является результатом периодического затопления речных пойм во время половодья.

Воды половодья изменяют водно-воздушный и тепловой режим пойменных почв, создают своеобразный микроклимат и изменяют солевой режим. Они оказывают влияние на состав и продуктивность растительности. В виду того, что на поймах преобладает травяная растительность, основным процессом почвообразования является дерновый.

*Аллювиальный процесс* заключается в поступлении с паводковыми водами аллювия (наилка) и его периодическом отложении на поверхности поймы. Этот процесс создает и поддерживает высокое плодородие пойменных почв, формирует рельеф поймы, способствует распространению различных видов растительности.

### **1.6. Классификация почв по видам мелиораций**

Морфологические, или внешние, признаки почв формируются в процессе почвообразования. Это дает возможность по внешним признакам определить почву и получить представление о многих ее свойствах, имеющих агрономическое значение. Главными морфологическими признаками почвенного профиля являются: его строение, мощность, окраска, структура, сложение, гранулометрический состав, нообразования, включения, вскипание от соляной кислоты.

*Дерново-подзолистые почвы* являются преобладающими на территории гумидной зоны. При делении дерново-подзолистых почв на виды учитывается степень оподзоленности, эродированности, окультуренности.

По степени *оподзоленности* почвы классифицируются следующим образом:

слабоподзолистые – мощность подзолистого горизонта не превышает 5 см или же в чистом виде отсутствует;

среднеподзолистые – мощность подзолистого горизонта – 5–15 см;

сильноподзолистые – мощность подзолистого горизонта – 15–25 см;

глубокоподзолистые – мощность подзолистого горизонта более 25 см или же подзолистый горизонт располагается на контакте с плотной подстилающей породой (контактно-оподзоленные).

По степени подверженности *водной эрозии* почвы подразделяются следующим образом:

слабосмытые – частично смыт пахотный горизонт. Пахотный горизонт светло-серого или палево-серого (лессы, лессовидные суглинки) цвета;

среднесмытые – смыт полностью пахотный горизонт и частично или полностью подпахотный. Пахотный горизонт буровато-серого или палево-бурого (лесс, лессовидный суглинок) цвета;

сильносмытые – смыты полностью горизонты  $A_n$ ,  $A_2$ , ( $A_2B_1$ ), частично или полностью – горизонт В. Пахотный горизонт бурого или палево-бурого цвета, глыбистый.

По степени подверженности *ветровой эрозии* (легкие почвы) выделяют почвы:

слабодефлированные – разрушено ветром не более половины  $A_n$ . Пахотный горизонт формируется за счет припахивания нижележащих, как и в случае с почвами, подверженными водной эрозии;

среднедефлированные – разрушены полностью пахотный и подзолистый горизонты;

сильнодефлированные – разрушены горизонты  $A_n$ ,  $A_2$  ( $A_2 B_1$ ), частично или полностью горизонт В.

По степени окультуренности различают почвы, которые перечислены ниже:

1. *Слабоокультуренные*. Мощность пахотного горизонта составляет 22–25 см. Цвет в зависимости от генезиса почвообразующей породы светло-серый, палево-серый, желто-серый. Структура непрочная комковатая, иногда отсутствует. Горизонт  $A_2$  мощностью от 5 до 20 см и более, иногда в чистом виде отсутствует. Обменная кислотность (рН в КСl) в  $A_n$  – 4,8–5,3; гидролитическая – 3–6 мг-экв на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 50–60 %; содержание гумуса – 1,5–2,0 %, на тяжелых породах – до 2,2 %; содержание подвижного  $P_2O_5$  – 5–12, обменного  $K_2O$  – 4–10 мг на 100 г почвы.

2. *Среднеокультуренные*. Мощность пахотного горизонта составляет 25–30 см. Подзолистый горизонт хорошо выражен лишь в почвах, формирующихся на лессовых породах (мощность 6–12 см). Чаще выделяется как  $A_2B_1$ . Пахотный горизонт комковатой структуры серого или палево-серого цвета. Содержание гумуса – 2,0–3,0 %. Гидролитическая кислотность – 2–5 мг-экв на 100 г почвы. Степень насыщенности основаниями – 70–80 %. Содержание подвижного  $P_2O_5$  – 10–22, обменного  $K_2O$  – 10–20 мг на 100 г почвы.

3. *Хорошо окультуренные*. Признаки подзолистого горизонта присутствуют только у дерново-подзолистых почв, формирующихся на лессовых породах. Мощность пахотного горизонта составляет 30 см, иногда до 45 см. Цвет темно-серый. Структура зернистая или зернисто-комковатая, прочная. Содержание гумуса – более 3,0 %, рН в КСl –

6,0 и более. Степень насыщенности основаниями – 80–90 %. Содержание подвижного  $P_2O_5$  – более 20, обменного калия – более 25 мг на 100 г почвы. В пахотном горизонте имеет место накопление илистой фракции.

*Дерново-подзолистые заболоченные почвы* формируются в результате наложения на дерново-подзолистый процесс болотного. Заболачивание может осуществляться как за счет застоя атмосферных вод, так и вследствие близкого залегания от поверхности грунтовых вод. Заболачивание атмосферными водами обычно происходит на пониженных бессточных участках, сложенных тяжелыми породами (суглинки, глины), обладающими высокой влагоемкостью и слабой водопроницаемостью, или же когда неглубоко от поверхности залегает плотная подстилающая порода. В зависимости от характера увлажнения выделяют нижеперечисленные подтипы дерново-подзолистых почв.

*Дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные почвы* формируются на породах тяжелого гранулометрического состава (глины, суглинки) или же при неглубоком залегании от поверхности плотных подстилающих пород. В зависимости от степени проявления налагающегося болотного процесса подразделяются на дерново-подзолистые глееватые и глеевые. Характерной особенностью поверхностно-оглеенных почв является усиление признаков гидроморфизма от поверхности к средней части профиля. На глубине более 1 м эти признаки ослабевают и в нижней части профиля выражены очень слабо или практически отсутствуют.

*Поверхностно-глеевые почвы* в отличие от глееватых имеют более укороченный профиль. Признаки гидроморфизма сильнее выражены, начиная с верхнего горизонта (сизый оттенок в гумусовом горизонте, обилие крупных конкреций). Под оглеенным подзолистым горизонтом ( $A_2g$ ) или иллювиальным ( $B_1g$ ) залегает глеевый горизонт (G).

*Дерново-подзолистые грунтово-оглеенные почвы* формируются в условиях близкого залегания от поверхности грунтовых вод. Первичные признаки гидроморфизма (ржаво-охристые пятна, конкреции, ортзанды) появляются обычно в подзолистом горизонте и усиливаются с глубиной. Профиль почвы заканчивается иллювиальным оглеенным ( $Bg$ ) или глеевым (G) горизонтами.

*Дерново-подзолистые заболоченные осушенные почвы* в отличие от немелиорированных естественных аналогов имеют более блеклые тона в бывших оглеенных горизонтах (вместо сизого преобладают белесые

оттенки). Наряду с ржаво-охристыми пятнами в профиле появляются горизонтальные полосы аналогичного цвета (ортзанды), в засушливые периоды весь профиль почвы и, в особенности, иллювиальные горизонты заметно уплотнены.

*Болотно-подзолистые почвы* встречаются под лесом, по окраинам верховых болот. Они формируются на пониженных элементах рельефа, бессточных плоских равнинах, где происходит накопление и застой атмосферных вод. Профиль этих почв под слоем лесной подстилки ( $A_0$ ) имеет торфяной горизонт ( $T_1$ ) мощностью 10–30 см, ниже торфяного горизонта расположен гумусовый ( $A_1$ ) сизо-черного цвета. Гумусовый горизонт сменяется оглееным подзолистым ( $A_{2g}$ ), довольно резко переходящим в иллювиальный.

*Дерновые заболоченные почвы* формируются в условиях близкого залегания от поверхности жестких грунтовых вод или накопления атмосферных осадков в результате сочетания двух процессов: дернового и болотного. Периодическая или постоянная насыщенность верхних горизонтов влагой замедляет темпы минерализации растительных остатков и ослабляет миграцию продуктов почвообразования в нижележащие горизонты. Характерными особенностями этих почв являются наличие хорошо выраженного темноокрашенного гумусового горизонта мощностью до 30 см с содержанием гумуса до 12 % и выше; высокая степень насыщенности основаниями. Они характеризуются слабокислой или близкой к нейтральной реакцией среды.

В практике полевых исследований, при описании болотных почв, как правило, оперируют тремя градациями степени разложения торфа:

1. *Торф слаборазложившийся*. Торфяная масса при сжатии в руке не продавливается между пальцами. Поверхность торфа шероховатая. Хорошо видны растительные остатки. Вода желтого цвета, отжимается сплошной струей.

2. *Торф среднеразложившийся*. Торфяная масса почти не продавливается между пальцами. Заметны остатки растительности. Вода темно-бурого цвета, отжимается частыми каплями. Торф слегка мажет руку.

3. *Торф сильноразложившийся*. Торфяная масса продавливается между пальцами. Торф сильно мажет руку. Вода отжимается редкими каплями темно-бурого цвета. Изредка встречаются грубые растительные остатки.

*Аллювиальные (пойменные) дерновые и дерновые заболоченные почвы* формируются на поймах. Пойма – часть территории речной до-

лины, периодически заливаемая полыми водами. Почвообразование в поймах рек протекает под влиянием двух процессов: поемного и аллювиального.

Территория поймы в зависимости от удаления русла делится на три зоны: прирусловую, центральную и притеррасную.

Прирусловая пойма имеет обычно небольшую ширину, несколько приподнята по сравнению с другими частями поймы, сложена наиболее грубыми по гранулометрическому составу породами (пески, супеси), которые при повторных паводках зачастую вновь размываются и перемещаются, формируя своеобразный гривистый рельеф. В прирусловой части поймы, как правило, распространены слаборазвитые или неразвитые слоистые дерновые почвы, слабодифференцированные на генетические горизонты.

Центральная пойма занимает наиболее обширные пространства речной долины, характеризуется равнинным рельефом и более длительным по сравнению с прирусловой поймой поемным периодом. В этой части поймы откладывается аллювий, состоящий преимущественно из пылеватых и илистых частиц, формируя породы тяжелого гранулометрического состава (суглинки, глины). Слоистость здесь обычно выражена слабее, чем в прирусловой пойме. Почвенный покров центральной поймы представлен главным образом дерновыми и дерновыми заболоченными почвами различного гранулометрического состава, формирующимися на слоистом или зернистом аллювии.

Притеррасная пойма наиболее удалена от русла реки и представляет собой несколько пониженную по отношению к центральной пойме территорию, в большинстве случаев заболоченную. Увлажнение происходит за счет близкого залегания грунтовых вод, выхода на поверхность ключей. Отложения аллювия в притеррасной части поймы незначительны. Преобладающие почвы – торфяно-болотные.

*Аллювиальные старопойменные дерновые и дерновые заболоченные почвы* формируются на первых надпойменных террасах, гривовобразных возвышенностях центральной поймы, т. е. на территориях, уже длительное время не подвергающихся поемным процессам или же затопляемых только в годы с очень высоким уровнем полых вод – раз в 20–30 лет.

*Аллювиальные болотные почвы* формируются в притеррасной, а также в депрессиях рельефа центральной поймы. В естественном состоянии напочвенный покров представлен влаголюбивой травянистой растительностью (камыш, осоки, канареечник и др.).

*Антропогенные почвы* сформировались в результате хозяйственной деятельности человека и полностью утратили свои естественные признаки и свойства. В соответствии с причинами и условиями формирования выделены нижеперечисленные подтипы антропогенных почв.

*Рекультивированные* – почвы, созданные из насыпного грунта, на месте карьеров по добыче полезных ископаемых или выработанных торфяников. Насыпные почвы создаются в парках, теплицах, огородах. Различаются по мощности насыпного слоя, гранулометрическому составу и сложению насыпной и подстилающей толщи почвогрунта.

*Антропогенно-деградированные* (трансформированные) почвы. К ним относятся почвы, подвергшиеся поселемелиоративной деградации (минерализация гумуса, торфа, механическое удаление гумусового горизонта). Подразделяются на антропогенно-деградированные на месте торфянисто- и торфяно-глеевых почв, антропогенно-деградированные на месте дерновых заболоченных освоенных почв и антропогенно-деградированные на месте дерново-подзолистых заболоченных освоенных почв.

К *антропогенно-нарушенным* относятся почвы, изменившиеся в неблагоприятную сторону под влиянием хозяйственной деятельности человека (частичное или полное удаление пахотного или гумусового горизонта, перемешивание генетических горизонтов глубокой вспашкой или в результате строительных работ и др.). В зависимости от исходных объектов выделяют следующие виды их: антропогенно-нарушенные насыпные; антропогенно-нарушенные торфоразработок; антропогенно-нарушенные минеральных карьеров; почвы овражно-балочного комплекса.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определение понятию «мелиорация почв».
2. Назовите показатели мелиоративного фонда Республики Беларусь.
3. Какие основные типы (подтипы) мелиораций применяются в Беларуси?
4. Приведите примеры гидромелиоративных систем, водохозяйственных объектов и объектов обустройства территории.
5. Приведите особенности мелиорации земель Белорусского Полесья и Балтийского региона.

## 2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ И УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

### 2.1. Элементы сельскохозяйственной гидрологии

*Предмет гидрологии.* Значение воды в нашей жизни трудно переоценить. Мы пользуемся ей ежедневно, и она самое привычное для каждого человека, самое распространенное в биосфере вещество, но тем не менее она очень необычна, обладает уникальными физико-химическими свойствами. Ни один биологический процесс не происходит без участия воды. Около 2/3 массы всего живого вещества на Земле состоит из воды.

Вода является ценнейшим богатством и важным природным ресурсом. Более 70 % поверхности Земли покрыто водой. Общие запасы воды в *гидросфере* (океанах, морях, реках, озерах, ледниках, искусственных водоемах, подземных водах) составляют 1,45 млрд. км<sup>3</sup>. Их можно представить в виде слоя воды толщиной 2650 м, покрывающего всю поверхность планеты. На моря и океаны приходится 94 % общего объема воды (подземные воды – 4,1 %, ледники – 1,65 %, озера – 0,016 %, реки – 0,00019 %). Запасы пресной воды составляют чуть больше 30 млн. км<sup>3</sup>, причем 97 % из них сосредоточены в полярных шапках и ледниках Арктики и Антарктиды. И лишь не более 1 % пресной воды циркулирует в подземных водах, реках, озерах, болотах или же в виде атмосферной влаги, пара или дождя (30 % – подземные воды, 69 % – ледники и снежный покров, 0,26 % – озера, 0,006 % – реки).

*Гидрология* – наука, изучающая гидросферу, ее свойства и протекающие в ней процессы. Она подразделяется на 3 самостоятельные дисциплины: *океанологию, гидрологию суши и гидрогеологию*. Для мелиорации земель наиболее важны две последние, основы которых рассматриваются в данном разделе.

Самая многоводная река мира – Амазонка, ее годовой сток (6390 км<sup>3</sup>) составляет около 17 % стока воды всех рек мира (для сравнения – наиболее крупные реки СНГ: Енисей – 624 км<sup>3</sup>, Лена – 536, Обь – 400, Амур – 343, Волга – 243, Северная Двина – 100, Днепр – 54, Дон – 30 км<sup>3</sup>).

Днепр – самая крупная река Беларуси, длина которой от истока до устья составляет 2145 км, а площадь бассейна – 504 тыс. км<sup>2</sup>. Наиболее крупные притоки Днепра в пределах республики – Друть, Березина, Припять (справа) и Сож (слева).

Западная Двина является второй по величине водной артерией Бе-

ларуси (площадь водосбора в пределах Республики Беларусь – 33,2 тыс. км<sup>2</sup>), общая длина реки – 1020 км. К основным правым притокам на территории республики относятся реки Оболь и Дрисса, левым – Лучеса, Улла, Ушача и Дисна.

Третья по величине река Беларуси – Неман, бассейн которой занимает северо-западную часть республики. Общая длина Немана – 937 км, площадь белорусской части водосбора – 35 тыс. км<sup>2</sup>.

Ресурсы речного стока и подземных вод (км<sup>3</sup>) по областям составляют соответственно: Гомельская – 24,5 и 1,93; Витебская – 12,9 и 3,36; Брестская – 10,7 и 1,58; Могилевская – 10,6 и 2,28; Гродненская – 8,8 и 2,62; Минская – 6,4 и 4,13. Бассейну Черного моря принадлежит 56 % речного стока и бассейну Балтийского моря – 44 %.

Водные ресурсы России составляют 834 км<sup>3</sup>, Норвегии – 376, Англии – 152, Польши – 85, Беларуси – 58, Украины – 50, Латвии – 17, Литвы – 16 км<sup>3</sup>.

*Озера, водохранилища и пруды.* В пределах стран СНГ расположено более 2850 тыс. озер, водохранилищ и прудов с общей площадью зеркала воды около 490,000 тыс. км<sup>2</sup>. Общий объем воды в пресных озерах составляет 27 тыс. км<sup>3</sup>, 98 % его содержится в уникальном по своим размерам и качеству воды озере Байкал (объем воды 23 км<sup>3</sup>). Крупнейшим в Республике Беларусь является озеро Нарочь (площадь зеркала – 80 км<sup>2</sup>, средняя глубина – 9 м, максимальная – 25 м). Основу природного озерного фонда республики составляют 1072 водоема с площадью более 0,1 км<sup>2</sup> (общая площадь – 1500 км<sup>2</sup>, суммарный объем воды – 6–7 км<sup>3</sup>).

Основное число озер размещается в бассейне Западной Двины (72 % всех запасов), Немана (20 %) и далее Припяти и Верхнего Днепра. Происхождение озерных котловин на севере (Белорусское Поозерье) связано с деятельностью последнего ледника и его талых вод. На юге республики распространены озера Полесского типа (разливы), карстовые и многочисленные старицы в разных долинах.

В Браславском и Ушачском районах на долю озер приходится более 10 % их площади. Крупнейшими водохранилищами в Российской Федерации являются Братское на р. Ангара (объем воды 169 км<sup>3</sup>), Красноярское на р. Енисей (73 км<sup>3</sup>), Куйбышевское на р. Волга (58 км<sup>3</sup>). В Беларуси самым крупным является Вилейское водохранилище (площадь зеркала – 68 км<sup>2</sup>, объем воды – 260 млн. м<sup>3</sup>).

Объемы потребления воды в мире за последние 10 лет увеличились в 100 раз и в 2000 г. составили почти половину всех запасов воды, при-

годной для употребления. Сельское хозяйство, в том числе орошение, является основным потребителем водных ресурсов (63 %), промышленность – до 24 %. Современная потребность человечества в воде составляет 19 тыс. км<sup>3</sup>.

*Методы выражения стока.* Сток поверхностных вод зависит от многих факторов: осадков и испарения, рельефа гидрографической сети, размеров и формы водосбора, почвенно-геологических условий, растительного покрова, озерности и характеризуется перечисленными ниже показателями.

*Расход* в расчетном створе  $Q$  (м<sup>3</sup>/с) и объем стока  $W$  (м<sup>3</sup>) – количество воды, протекающее через определенное поперечное сечение соответственно в единицу и за определенный промежуток времени.

*Модуль стока*  $q$  (л/с·га) – количество воды, стекающей с единицы площади водосбора в единицу времени.

*Слой стока*  $h$  (мм) – отношение объема стока к площади водосбора.

*Норма стока* – среднелетнее значение показателей годового стока ( $Q$ ,  $W$ ,  $g$ ,  $h$ ).

*Коэффициент стока* – отношение слоя стока к слою выпавших в бассейн осадков.

*Объем стока* вод через водотоки может определяться по имеющимся гидрометрическим данным и при их отсутствии.

*Объем стока* в первом случае устанавливается по данным об уровнях и расходах воды в реке, получаемых на гидрометрических станциях и постах.

*При отсутствии систематических гидрометрических данных* (наблюдений, замеров) расход и объем стока определяются путем построения теоретической кривой вероятности превышения (обеспеченности).

В гидрологии обеспеченность отражает вероятность появления значения величины  $N$  или превышающей ее в ряде лет наблюдений (по количеству раз из ста лет или продолжительности времени в процентах). Данная кривая позволяет прогнозировать ожидаемую изменчивость гидрологической величины.

Например, если какая-либо величина  $N$  будет иметь вероятность превышения  $P = 1$  %, то это значит, что только 1 раз в сто лет будет наблюдаться значение величины  $N$  (и более  $N$ ). Если  $N$  имеет  $P = 99$  %, то величина  $N$  (и более) будет появляться 99 раз из ста лет и только 1 год из ста эта величина может быть меньше  $N$ .

В проектной практике вероятность превышения принимают в зави-

симости от характера сооружения и его назначения. Расходы для весьма ответственных мелиоративных сооружений назначают с  $P = 1\%$ . Для небольших гидросооружений  $P = 3-10\%$ .

Расчетная вероятность превышения  $P$  принимается строительными нормами и правилами (СНиП) или техническими кодексами установившейся практики [14].

Рассмотрим порядок построения теоретической кривой вероятности превышения объема весеннего стока для определенного створа реки (района строительства плотины, гидротехнического сооружения). Для этого нужно иметь следующие данные: среднемноголетнее значение стока  $\bar{h}$ , мм; коэффициент изменчивости (вариации) весеннего стока  $C_v$  и коэффициент асимметрии  $C_s$ , выраженной через  $C_v$ ; площадь водосбора речного бассейна  $F$ , км<sup>2</sup>.

При отсутствии данных фактических наблюдений многолетнее значение стока  $h$  определяется по карте изолиний (Минск – 90, Гродно – 60, Брест – 50, Гомель – 65, Могилев – 100, Витебск – 110 мм).

Коэффициент изменчивости  $C_v$  для Республики Беларусь можно принять равным 0,4–0,5. Если водосборная площадь  $F$  меньше 100 км<sup>2</sup>, ее необходимо умножить на коэффициент 1,25;  $C_s$  для весеннего стока и талых вод принимается равным  $2 C_v$  ( $C_s = 2 C_v$ ).

Имея соотношение  $C_s / C_v$  и значения  $C_v$ , из прил. 2, 3 [4] выписывают модульные коэффициенты  $K_p$  для различных обеспеченностей  $P$  (%).

Объем весеннего стока  $W$  (тыс. м<sup>3</sup>) обеспеченностью  $P$  (%), образующегося на водосборной площади  $F$  (км<sup>2</sup>) при слое стока  $h_p$  (мм), определяется по формуле

$$W_p = h_p \cdot F, \quad (2.1)$$

а слой стока весеннего снеготаяния  $h_p$  – по формуле

$$h_p = \bar{h} \cdot K_p. \quad (2.2)$$

Полученные данные используются для построения теоретической кривой вероятности превышения объема весеннего стока. Кривую строят на клетчатке вероятности Хозена (рис. 2.1). Для этого на оси абсцисс откладываются значения вероятностей  $P$  до 100 %, на оси ординат – объемы стока  $W_p$  (тыс. м<sup>3</sup>). В начале ординат их значения равны нулю.

По кривой вероятности превышения для какой-либо величины стока  $W_p$ , отложенной на оси ординат, можно определить продолжитель-

ность времени (%), в течение которого любое рассматриваемое значение величины  $N$  было равно этому значению или превышало его.

На графике (рис. 2.1) 25%-ной обеспеченности  $P$  соответствует объем стока величины  $W = 3930$  тыс. м<sup>3</sup>. Следовательно, появление стока более величины  $W$  возможно 25 раз из 100 лет, т. е. в каждый четвертый год.

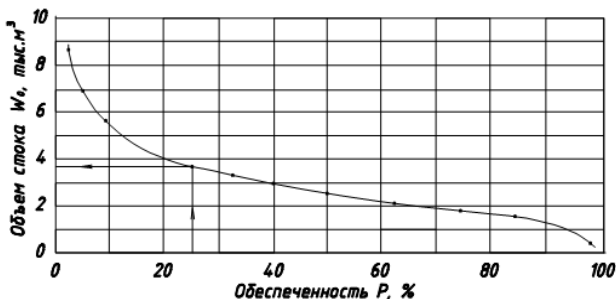


Рис. 2.1. Кривая вероятности превышения объема стока

По примерно аналогичной методике определяются и расходы воды в расчетные периоды года гидрографа стока (весенний, предпосевной, летне-осенних дождевых паводков и бытовой). Среднемноголетние модули поверхностного стока устанавливают по региональным формулам Белгипроводхоза в зависимости от показателей гидрографических характеристик речного водосбора.

Например, среднемноголетний максимальный модуль весеннего стока (л/с · км<sup>2</sup>) находят по формуле

$$q = \frac{A_{в.п} I^{0.2} (1 + 0,5\rho)}{(F + 10)^{0.167} (1 + 0,2\alpha)(1 + 0,2\beta)(1 + 0,03\gamma)}, \quad (2.3)$$

где  $A_{в.п}$  – параметр, отражающий совокупность климатических, почвенных и других показателей водосбора;

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – соответственно озерность, заболоченность и лесистость площади водосбора, %.

Тогда расход воды (л/с) в расчетном створе

$$Q = q \cdot F. \quad (2.4)$$

Пересчет среднемноголетних значений расходов стока для лет раз-

личной обеспеченности выполняется по вышеприведенной методике, как и его объем.

Водные ресурсы Республики Беларусь используются комплексно. Они могут быть представлены: для питьевых, хозяйственно-бытовых и других нужд населения; для лечебных, курортных, оздоровительных, спортивных, рекреационных и противопожарных целей; для нужд сельского хозяйства, промышленных целей и нужд гидроэнергетики, водных путей общего пользования (реки, каналы, озера, водохранилища); для нужд воздушного транспорта (взлета, посадки и стоянки воздушных судов); для ведения рыбного и охотничьего хозяйства (разведения водоплавающих птиц, пушных зверей), любительского рыболовства и др. Водопользование является платным, за исключением случаев, предусмотренных законодательством Республики Беларусь.

## **2.2. Почвенная влага**

### **2.2.1. Физические свойства почвы**

Физические свойства почвы характеризуются ее структурой, которая определяется по форме и размеру комочков (структурных отдельных частей или агрегатов) и по характеру их поверхности.

В зависимости от наличия и степени выраженности структуры различают структурные и бесструктурные почвы. Бесструктурными бывают обычно песчаные и супесчаные почвы, а нередко также пахотные слои суглинистых и глинистых почв в результате распыления при обработке. Между структурными и бесструктурными почвами имеются переходные, у которых структура выражена слабо.

*Под гранулометрическим составом* почвы понимают относительное содержание в ней твердых частиц разного размера. Это содержание обычно выражается в процентах к весу высушенной при температуре 100–105 °С почвы.

Размер частиц при лабораторном определении гранулометрического состава вычисляют по скорости их падения в вязкой среде, предварительно обработав почвенные агрегаты, раздробленные на составляющие их частицы, соляной кислотой и едким натром. Оседание частиц разных размеров с различной скоростью позволяет разбить их на фракции.

Для отнесения почвы к тому или иному типу фракции подразделяются на группу физического песка (частицы более 0,01 мм) и группу

физической глины (частицы менее 0,01 мм). По соотношению этих групп почва относится к соответствующему типу по гранулометрическому составу. Из всех классификаций почв по гранулометрическому составу наибольшее распространение получила классификация Н. А. Качинского.

В целях отнесения в гранулометрическом составе соотношения песка, пыли и ила выделяют фракции: песчаную (более 0,05 мм), крупнопылеватую (0,05–0,01 мм), пылеватую (0,01–0,001 мм) и иловатую (менее 0,001 мм).

Гранулометрический состав почвы оказывает большое влияние на водно-воздушный и тепловой режимы почвы, на поглощательную способность и накопление элементов пищи растений, на развитие и жизнедеятельность микроорганизмов. Он характеризует также величины водных свойств почв, изменение их по профилю разреза и может быть использован для проверки правильности их определения.

В зависимости от гранулометрического состава почв меняются условия обработки ее, сроки сельскохозяйственных работ, дозы удобрений и производится подбор культур.

*Плотность твердой фазы почвы.* Почва состоит из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Твердая фаза представлена минеральными и органическими веществами, жидкая – почвенным раствором, газообразная – почвенным воздухом.

Важной характеристикой твердой фазы почвы является плотность.

Плотность твердой фазы представляет собой массу почвенных (органических и минеральных) частиц, отнесенную к единице объема почвы.

Плотность зависит в основном от минералогического состава почвы и содержания органических компонентов. Для минеральных почв она находится в пределах 2,4–2,8 г/см<sup>3</sup>. В почвах тяжелого гранулометрического состава она больше. С увеличением содержания органического вещества в почве плотность уменьшается.

Бедные органическим веществом дерново-подзолистые почвы имеют большую плотность твердой фазы, так как состоят преимущественно из кварца, плотность которого равна 2,65 г/см<sup>3</sup>. Наличие органических примесей и гумуса с плотностью около 1,50 г/см<sup>3</sup> снижает плотность таких почв до 2,62–2,63 г/см<sup>3</sup> и ниже.

Во всех почвах четко прослеживается тенденция к возрастанию плотности от пахотных горизонтов к нижним слоям. Для песчаных и

супесчаных почв плотность изменяется от 2,62 в пахотном слое до 2,65–2,67 г/см<sup>3</sup> в слое 101–150 см.

Значения величин плотности в оглеенных горизонтах достигает 2,71–2,72 г/см<sup>3</sup>.

Средние значения плотности твердой фазы суглинистых почв на легких и средних суглинках в пахотном слое, как песчаных и супесчаных, равны 2,62 г/см<sup>3</sup>. Начиная, примерно, с глубины 20 см плотность увеличивается до 2,62–2,69 г/см<sup>3</sup>.

Наибольшая плотность у почв тяжелого микроагрегатного состава – суглинисто-глинистых, на тяжелых суглинках и глинах.

Наименьшую плотность имеют торфяные почвы. Величины плотности торфяных почв находятся преимущественно в пределах 1,50–1,60 г/см<sup>3</sup>. В самых верхних горизонтах она достигает 1,62–1,64 г/см<sup>3</sup>, а в сильно минерализованных торфах – 1,80–2,00 г/см<sup>3</sup> и более.

Плотность торфяно-глеевых почв несколько больше, чем торфяных. В пахотном горизонте она равна 1,64 г/см<sup>3</sup>. Крайние значения плотности этих почв – 1,52 и 1,70 г/см<sup>3</sup>. Торфяные почвы более мощные, в них четко прослеживается тенденция уменьшения величин плотности с глубиной.

Торфяная почва находится в постоянном развитии, в ней происходят сложные процессы, изменяются ее физические свойства. Это приводит к изменению плотности. В частности, величины плотности торфов изменяются в зависимости от сроков их осушения. Так, например, плотность неосушенной торфяно-болотной почвы на глубине 0–10 см составляет 1,57 г/см<sup>3</sup>, на глубине 30–40 см – 1,50 г/см<sup>3</sup>, а для старопашотной – соответственно 1,59 и 1,56 г/см<sup>3</sup>.

По мере возрастания срока сельскохозяйственного использования торфяных почв плотность, особенно пахотного горизонта, повышается вследствие минерализации торфа.

*Объемная масса (плотность почвы)* характеризует массу почвы, находящуюся в естественном сложении и сухом состоянии в единице объема.

В связи с тем, что объемная масса представляет собой массу единицы объема образца почвы с ненарушенным строением, она всегда меньше плотности твердой фазы, при определении которой пустоты между почвенными элементами исключаются.

Степень уплотнения почвы оказывает большое влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, на продуктивность растений. При уплотнении почвы уменьшается ее влагоемкость, снижается во-

допроницаемость. Рыхлые почвы по сравнению с плотными запасают больше влаги; в них лучше проникают дождевые и талые воды и меньше стекает воды по поверхности.

Рыхлые почвы при высокой влажности меньше испаряют влаги, чем плотные; в плотных почвах происходит более интенсивный подток влаги по капиллярам к зоне иссушения. Поэтому такой агротехнический прием, как боронование почвы, предохраняет ее от непроизводительной потери влаги.

Большое значение оказывает объемная масса почвы на рост, развитие и урожай растений. Например, при возделывании зерновых культур на дерново-подзолистых почвах с тяжелым гранулометрическим составом оптимальной плотностью пахотного горизонта является  $1,20\text{--}1,35\text{ г/см}^3$ . При повышении плотности число корней растений заметно уменьшается.

Значения объемной массы зависят от гранулометрического и минералогического состава, содержания органического вещества, структурного состояния.

Дерново-подзолистые почвы имеют наибольшую объемную массу по сравнению с другими типами почв. Тяжелые по гранулометрическому составу почвы имеют меньшую объемную массу, чем почвы легкие; при переходе от песчаных к глинистым почвам она уменьшается на  $10\text{--}20\%$ .

После механической обработки почва объемная масса, как правило, уменьшается. Затем почва начинает постепенно уплотняться, объемная масса ее увеличивается и через какой-то срок (разный для разных почв) достигает более или менее постоянного значения.

Малые значения объемной массы имеют торфяные почвы. Для этих почв она изменяется в пределах от  $0,10$  до  $0,46\text{ г/см}^3$ . Объемная масса торфяных почв наибольшая в пахотном слое, средняя величина ее равна  $0,28\text{ г/см}^3$ . Накопление зольных элементов при разложении торфа увеличивает объемную массу до  $0,46\text{ г/см}^3$  и несколько больше.

С глубиной значения величин объемного веса, как правило, уменьшаются и в глубокозалежных горизонтах (на глубине  $90\text{--}100\text{ см}$ ) могут снижаться до  $0,10\text{--}0,11\text{ г/см}^3$ .

*Порозность (скважность почвы).* Общая порозность, или скважность, почвы представляет собой общий (суммарный) объем почвенных пор, заполненных водой или воздухом, выраженный в процентах от общего объема почвы. Вычисляется она в процентах от единицы объема по формуле

$$p = \left( 1 - \frac{\gamma}{\gamma_{т.ф}} \right) \cdot 100, \quad (2.5)$$

где  $p$  – порозность почвы, % объема почвы;

$\gamma$  – объемная масса (плотность) почвы, г/см<sup>3</sup>;

$\gamma_{т.ф}$  – плотность твердой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>.

Порозность дерново-подзолистых почв колеблется от 20 до 60 %, у торфяников она возрастает до 80–90 %. Наибольшая порозность наблюдается у структурных, сильно гумусированных почв или у почв, только что вспаханных. Наименьшая порозность наблюдается у песчаных и оглеенных почв. Общая порозность почв в нижних горизонтах обычно изменяется очень мало.

Изменчивость порозности в почвенном профиле, сопряженная с изменчивостью гранулометрического состава, структуры и сложения, обуславливает изменчивость водных и физических свойств почвы по вертикали.

### 2.2.2. Водные свойства почвы

Вода является одной из трех составляющих почвы (твердой, газообразной, жидкой). Академик Г. И. Высоцкий сравнивал роль воды в почве с ролью крови в живом организме. Вода играет важную терморегулирующую роль в жизни растений.

Источников воды в почве три: атмосферные осадки, парообразная влага приземных слоев атмосферы (путем конденсации или адсорбирования водяных паров из воздуха) – роса, грунтовые воды.

Форма воды в почве определяется агрегатным состоянием и взаимодействием с твердой и газообразной фазами. Различают две группы воды: связанная (химически, физически, в твердом состоянии) и свободная (парообразная, капиллярная, гравитационная, грунтовая).

*Химически связанная вода* входит в состав ряда веществ почвы, не принимает участия в физических процессах и не испаряется при температуре 100 °С.

*Физически связанная вода* делится на *гигроскопическую* (адсорбируемую почвой паров воды из воздуха) и *пленочную* (удерживаемую вокруг твердой частицы почвы молекулярными силами). Гигроскопическая влага передвигается в почве только при переходе в парообразное состояние. Пленочная вода перемещается под действием градиента молекулярных сил. Количество пленочной воды в почве приблизительно равно двойной гигроскопичности.

*Вода в твердом состоянии* (лед) содержится в почве при отрицательной температуре.

*Парообразная вода* содержится в почве (не более 0,001 % массы) при любой влажности, занимая поры, свободные от капельножидкой воды. Передвижение парообразной воды происходит из слоев, более насыщенных парами, к менее насыщенным или из слоя с более высокой температурой и упругостью в слой с более низкой температурой.

*Капиллярная вода* насыщает капилляры почвы, соприкасающейся со свободной водной поверхностью. Она удерживается в почве силой водных менисков.

*Гравитационная вода* перемещается в почве под действием сил тяжести. Это перемещение возникает, когда все поры почвы заполнены водой.

*Грунтовая вода* образуется в водоносном слое, лежащем на мало-водопроницаемом (водопоре).

Количество воды в почве характеризуется *влажностью* и *запасами влаги* в ней. Различают абсолютную влажность почвы и относительную.

Абсолютная влажность почвы  $\beta$  (%) – это отношение массы влаги в некотором объеме почвы  $m_v$  к массе сухой почвы  $m_c$ :

$$\beta = (m_v / m_c) 100 \%. \quad (2.6)$$

Относительная влажность почвы  $\beta_0$  (%) – это отношение абсолютной влажности  $\beta$  к какой-либо другой водно-физической константе почвы, например, к наименьшей влагоемкости почвы НВ.

*Запасы воды*  $W$  в слое почвы  $h$  (м) выражают в метрах кубических на гектар и определяют по зависимости

$$W = 100h\alpha\beta, \quad (2.7)$$

где  $\alpha$  – объемная масса почвы или ее плотность в естественном состоянии, т/м<sup>3</sup>.

Выделяют следующие основные *почвенно-гидрологические характеристики*: максимальную гигроскопичность, влажность завядания, наименьшую и полную влагоемкость, высоту капиллярного поднятия, впитывание воды и водоотдачу.

*Максимальная гигроскопичность* (МГ) – это максимальное количество воды, поглощаемое почвой из воздуха, насыщенного парами воды. Ее определяют путем длительного (более 10 сут) насыщения образца почвы парами воды в эксикаторе.

Влажность завядания (ВЗ) – количество влаги, практически недоступной для растений, при котором появляются необратимые признаки увядания растений. ВЗ определяется не свойствами растений, а почвы. Признаки увядания различных растений наступают на одной и той же почве при одинаковой ее влажности. Влажность почвы выше ВЗ называют продуктивной.

*Наименьшая влагоемкость* (НВ) – количество воды, прочно удерживаемое почвой после полного свободного стекания гравитационной воды. Доступная для растений влага лежит в пределах НВ – ВЗ.

*Полная влагоемкость* (ПВ) – наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при условии полного насыщения всех пустот и пор водой. ПВ равна пористости почвы  $P$ . Зная  $P$  (в % от объема почвы) и ее объемную массу или плотность  $\alpha$  (г/см<sup>3</sup>), можно определить  $ПВ = P / \alpha$  (% от массы сухой почвы).

*Водоотдача*  $\mu$  – свойство почвы отдавать гравитационную воду путем стекания. Количественно водоотдача

$$\mu = ПВ - НВ. \quad (2.8)$$

Отношение объема свободно вытекающей из почвогрунта воды  $W$  (м<sup>3</sup>) к объему почвогрунта  $V$  (м<sup>3</sup>) в процентах называют коэффициентом водоотдачи ( $\delta = 100W / V$ ), используемым при расчетах параметров осушительных систем.

Внутрипочвенное движение воды в порах под действием менисковых сил называют *капиллярным*. Скорость капиллярного движения тем выше, чем больше диаметр капиллярных пор, а высота капиллярного поднятия  $h_k$  – наоборот.

*Впитывание* воды – это поступление воды в почву, не полностью насыщенную влагой, например, при орошении. Скорость поглощения воды в почву  $V$  в момент времени  $t$  при меняющейся глубине просачивания можно определить по формуле А. Н. Костякова:

$$V = K_1 / t^\alpha, \quad (2.9)$$

где  $K_1$  – коэффициент водопроницаемости данной почвы в первую единицу времени;

$\alpha$  – показатель степени, изменяющийся от 0,3 до 0,8 в зависимости от свойств почвы и ее начальной влажности (чем больше начальная влажность, тем меньше  $\alpha$ ).

Скорость впитывания  $V$  во времени постепенно убывает, прибли-

жаясь к некоторой постоянной величине  $K$ , которая характеризует собой коэффициент фильтрации данной почвы.

Гравитационная вода перемещается в почве под действием собственной массы. Ее перемещение происходит, когда все поры почвы заполнены водой, т. е. при полной влагоемкости (ПВ). Движение гравитационной воды называется *фильтрацией*, которая выражается количеством воды, проходящей через почву за определенное время.

Впервые закон движения воды в почве сформулировал ученый Дарси (Франция, 1856). Он установил, что объем воды, который проходит через слой песка, прямо пропорционален напору и обратно пропорционален пути фильтрации:

$$W = K\omega th / \ell, \quad (2.10)$$

где  $W$  – объем воды,  $\text{см}^3$ ;

$K$  – коэффициент фильтрации,  $\text{см}/\text{с}$ ;

$\omega$  – площадь живого сечения,  $\text{см}^2$ ;

$t$  – время фильтрации,  $\text{с}$ ;

$h$  – (напор) разность уровней воды в начале и конце пути фильтрации,  $\text{см}$ ;

$\ell$  – длина пути фильтрации,  $\text{см}$ .

Отношение  $h / \ell$  называется градиентом напора, или гидравлическим уклоном  $I$ .

Учитывая, что расход воды  $Q = W / t$  ( $\text{см}^3/\text{с}$ ), а скорость ее движения  $V = Q / \omega$  ( $\text{см}/\text{с}$ ) получим, что скорость фильтрации

$$V = K \cdot I. \quad (2.11)$$

Эта зависимость выражает основной закон фильтрации, или закон Дарси. Он показывает, что для данного грунта с коэффициентом фильтрации  $K$  скорость фильтрации прямо пропорциональна гидравлическому уклону  $I$ .

### 2.3. Водный баланс территории

Вода находится в непрерывном замкнутом процессе перемещения, включающем накопление, испарение и перераспределение воды и известном как глобальный *гидрологический цикл*, или круговорот воды (рис. 2.2). Этот цикл имеет три потока: осадки, испарение и влагоперенос. Осадки выпадают из атмосферы на сушу и океаны, вода возвра-

щается в атмосферу при испарении. С суши в океан направляется поверхностный сток и поток грунтовых вод, а водяной пар переносится атмосферными потоками с океана на сушу. Круговорот воды – самый значительный по перемещаемым массам и затратам энергии круговорот на Земле. Каждую секунду в круговорот вовлекается 16 млн. м<sup>3</sup> воды.

Гидрологический цикл может быть коротким, когда только что выпавшая в форме осадков вода тут же возвращается в атмосферу в процессе поверхностного испарения или когда испарившаяся сразу после грозы влага с поля выпадает в виде дождя в соседнем районе. С другой стороны, цикл может растянуться на сотни и даже тысячи лет, если влага в результате глубокого просачивания переносится с грунтовыми потоками, превращается в ледник и т. д.

*Водный режим корнеобитаемого слоя почвы* – это изменение во времени и пространстве (по площади) содержания влаги в корнеобитаемом слое. Оно может выражаться в абсолютных величинах, характеризующих объем (м<sup>3</sup>/га) или слой (мм) имеющихся в почве запасов или их недостаток (дефицит) до некоторого заданного уровня насыщения, а также в относительных единицах или процентах от оптимального для растений или полного насыщения почвы. Водный режим в значительной мере влияет на воздушный и пищевой режимы роста растений, что в конечном итоге определяет ход процессов накопления и разрушения органического вещества, т. е. почвенное плодородие, и как следствие – урожайность. Водный режим почв зависит от целого ряда факторов, в том числе климатических (зональный характер увлажненности), метеорологических (состояние погоды), рельефных (расположение участка на склоне, в долине или на вершине возвышений), гидрогеологических (уровень стояния грунтовых вод), биологических (тип растительного покрова), физических (свойства почв), хозяйственных (деятельность человека) и т. д.

Водный режим определяется динамикой поступления, распределения и расходования влаги на рассматриваемой площади. Количественным выражением водного режима территории, позволяющим оценить соотношение приходных и расходных факторов, является *уравнение водного баланса*. Это уравнение представляет собой математическую форму одного из важнейших законов природы – закона сохранения (в данном случае почвенной влаги).

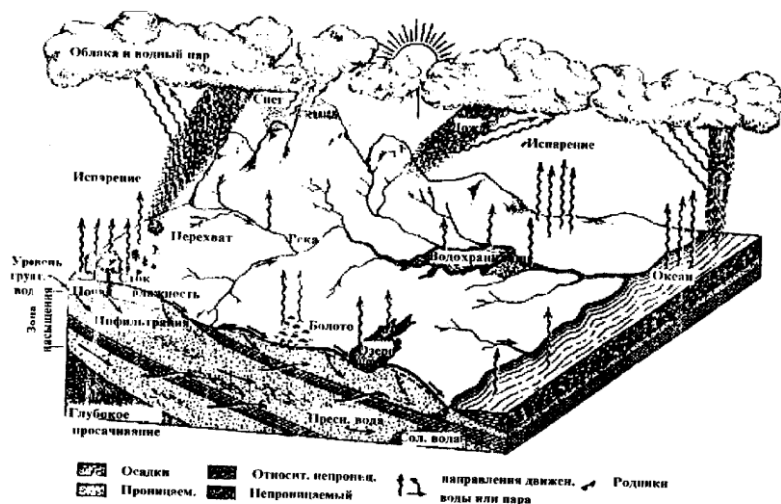


Рис. 2.2. Круговорот воды в природе

В общем случае уравнение водного баланса относительно корнеобитаемого слоя почвы ограниченного участка площади для конечного промежутка времени можно представить в следующем виде:

$$P + Y_{\text{п}} + Y_{\text{в}} - X_{\text{п}} - X_{\text{в}} - E_{\text{в}} - M_{\text{от}} - M_{\text{сб}} + W_h + U_{\text{п}} + K_h - J_h = 0, \quad (2.12)$$

где  $P$  – атмосферные осадки;

$Y_{\text{п}}$  и  $Y_{\text{в}}$  – притоки со стороны поверхностных и внутрипочвенных вод;

$X_{\text{п}}$  и  $X_{\text{в}}$  – стоки поверхностных и внутрипочвенных вод;

$E$  – суммарное испарение (эвапотранспирация);

$E_{\text{в}}$  – испарение с водной поверхности из каналов и открытых водоемов;

$M_{\text{от}}$  – отток поливных вод поверхностным путем за пределы поля;

$M_{\text{сб}}$  – сброс избыточных вод;

$W_h = W_{\text{нп}} - W_{\text{нк}}$  – изменение влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы толщиной  $h$ ;

$W_{\text{нп}} - W_{\text{нк}}$  – влагозапасы этого слоя в начале и конце расчетного промежутка времени;

$U_{\text{п}}$  – аккумуляция воды на поверхности (в понижениях микрорельефа);

$K_h$  – приход за счет восходящего потока капиллярной, пленочной и парообразной влаги или подпитывание корнеобитаемого слоя почвы за счет грунтовых вод;

$J_h$  – расход за счет нисходящего потока (инфильтрация) влаги за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Все элементы водного баланса обычно исчисляются в миллиметрах слоя или в кубических метрах, отнесенных к единице площади орошаемой территории.

Уравнение (2.12) водного баланса охватывает весь спектр факторов. В конкретных условиях орошаемого массива многие составляющие этого уравнения могут или отсутствовать, или быть пренебрежимо малыми, в связи с чем уравнение водного баланса значительно упрощается.

Интегрирующей характеристикой водного баланса почвы (на фиксированный момент времени) является почвенная *влажность (влагозапасы)*. Растения в процессе многовекового естественного отбора приспособились к колебаниям почвенной влажности в течение вегетации и почти не реагируют на них снижением водопотребления и урожая, если эти колебания происходят в диапазоне, ограниченном верхним и нижним биологически оптимальными пределами. Данный факт выявлен давно, и к настоящему времени практически для всех сельскохозяйственных культур определены как верхняя, так и нижняя границы оптимальной влажности в корнеобитаемом слое почвы. Эти границы могут изменяться для одного и того же растения во времени и зависят главным образом от фазы развития, гранулометрического и химического состава почвы, сложения почвенных частиц, плотности, климатических и погодных факторов.

В качестве *верхней границы оптимальной влажности почвы* служит наименьшая влагоемкость. Наименьшая влагоемкость является одной из важнейших почвенно-гидрологических характеристик, без знания которой невозможно рациональное регулирование водного режима почв под всеми сельскохозяйственными культурами.

Вместе с тем следует знать, что верхний предел *биологически оптимальной влажности* определяется необходимым для корней минимумом содержания воздуха в почве, при котором появляются сквозные воздушные поры и обеспечивается интенсивная диффузия кислорода и углекислого газа. Подобные условия создаются для большинства почв при содержании воздуха в корнеобитаемом слое не ниже 15–20 % от объема. Доводить сознательно почвенные влагозапасы до такого высокого уровня не всегда оправдано, поскольку при данной влажности

вода в почве может интенсивно передвигаться под действием собственного веса, что способствует большим ее потерям на инфильтрацию (при дождевании).

*Нижний предел оптимальной влажности* почвы связан не только с количеством доступной влаги, но и со скоростью ее передвижения. Условия для водного питания можно считать благоприятными лишь в том случае, когда приток влаги к всасывающей поверхности корней будет не меньшим, чем ее расход растением. Установлено, что процесс транспирации и накопления растительной массы регулируется до некоторого *критического (нижнего биологически оптимального) уровня почвенной влажности* погодой, а при дальнейшем понижении влажности – почвой. Оптимальный водный режим определяется равенством фактической и потенциальной скорости транспирации. Таким образом, нижний предел биологически оптимальной влажности почвы зависит от индивидуальных особенностей растений и способности их корневых систем оперативно реагировать на изменения погоды. Именно поэтому в качестве нижнего биологически оптимального предела чаще используется так называемая *критическая влагоемкость* (КВ). Этот показатель определяется состоянием самого растения и в то же время существенно зависит от почвенно-гидрологических условий, а именно от *влажности разрыва водных капиллярных связей в почве* (ВРК).

От нижнего биологически оптимального следует отличать *нижний экономически обоснованный предел влажности почвы*. Данный предел определяется путем решения экономической задачи: при какой нижней границе регулирования почвенных влагозапасов можно получить максимальный доход с орошаемого сельскохозяйственного поля. Причем при решении задачи учитывается не только прибавка урожая, полученная от орошения, но и все затраты на полив.

В интервале от *влажности завядания* растений (ВЗ) до влажности, близкой к критической (соответствующей разрыву водных капиллярных связей в почве), растения могут существовать без видимых признаков угнетения, но продуктивность их остается на довольно низком уровне, резко повышаясь с увеличением количества влаги. В диапазоне от влажности разрыва капиллярных связей до наименьшей влагоемкости почвенная влага способна передвигаться в направлении источника ее поглощения, т. е. к корням растений, и относится к «динамически доступной». Процессы транспирации и накопления растительной массы в данном случае зависят в основном от погодных условий и пищевого режима.

## Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под водным режимом почв?
2. Назовите основные элементы сельскохозяйственной гидрологии.
3. Приведите пример длинного гидрологического цикла.
4. Какая река является самой крупной в Беларуси?
5. Какие вы знаете методы выражения поверхностного стока?
6. От чего зависит расчетная обеспеченность гидрологических величин?
7. Какие показатели определяют водные свойства почвы?
8. Как рассчитать влагозапасы в слое почвы?
9. В каком случае направление грунтовых вод совпадает с уклоном поверхности земли?
10. Назовите пределы оптимальной влажности почвы.

## 3. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

### 3.1. Избыточно увлажненные почвы как объект мелиорации

#### 3.1.1. Виды переувлажненных почв

В зависимости от степени увлажнения различают автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные и пойменные почвы. На автоморфных почвах переувлажнение отсутствует, и в осушении они не нуждаются. Такие почвы занимают 45,3 % сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь. К полугидроморфным относят минеральные земли периодического переувлажнения, а к гидроморфным – торфяно-болотные и заболоченные почвы постоянного переувлажнения.

При постоянном переувлажнении избыток влаги в почве имеет место на протяжении всего года. На периодически переувлажняемых землях избыток воды наблюдается в отдельные периоды вегетации. Любое переувлажнение ухудшает условия произрастания растений и их обработки.

Общая площадь полугидроморфных и гидроморфных почв в республике составляет 46 %. Кроме того, периодически переувлажняются также пойменные почвы. Поэтому площадь всех переувлажненных земель в стране превышает 50 %.

Минеральные почвы в мелиоративном фонде составляют около 63 % и сконцентрированы в основном в Витебской, Гродненской и Могилевской областях. За счет проведения комплекса гидротехниче-

ских (осушительных), агромелиоративных и агротехнических приемов можно резко повысить их плодородие, обеспечив устойчивую продуктивность на уровне 6–8 т/га кормовых единиц.

Почвы связного гранулометрического состава широко распространены в северной части республики, прежде всего в Белорусском Поозерье. Этот регион занимает около одной трети всей площади Беларуси, включая практически всю Витебскую область, частично Гродненскую и Минскую. Поозерье отличается разнообразием типов и форм рельефа, обилием глубоких озерных котловин, пестротой почв и почвообразующих пород, мозаичностью растительности.

Территория Белорусского Поозерья характеризуется значительной заболоченностью земель. Переувлажненность сельхозугодий в Верхнедвинском, Витебском, Докшицком, Полоцком, Шумилинском, Чашникском районах достигает 70–75, а в Шарковщинском – 81,5 %.

По данным почвенных обследований, почти 40 % пахотных земель региона избыточно увлажнены. Здесь отмечается наибольшая в республике заболоченность минеральных пахотных почв. Среди переувлажненных почв временно избыточно увлажненные занимают 37,6, глееватые и глеевые – 17,5 %. В наибольшей степени переувлажнены пахотные угодья Шарковщинского, Миорского, Докшицкого, Бешенковичского, Верхнедвинского, Полоцкого, Поставского, Витебского, Шумилинского районов. Причиной распространения таких почв является сочетание комплекса климатических и геоморфологических факторов, состава и строения почв. Высокая влагоемкость почв связного гранулометрического состава, очень слабая фильтрационная способность и вследствие этого медленное перераспределение избыточной влаги выдвигают задачу регулирования водно-физических свойств и водного режима в соответствии с требованиями возделываемых растений и принципами рационального использования земель.

Плодородие переувлажняемых дерново-подзолистых почв зависит от гранулометрического состава и степени избыточного увлажнения. Именно эти показатели определяют возможность их сельскохозяйственного использования. Так, без осушения под пашню можно использовать только временно избыточно увлажненные песчаные и рыхло-супесчаные почвы. Под кормовые угодья в неосушенном состоянии можно использовать также временно избыточно увлажненные суглинистые или глинистые почвы и дерново-подзолистые глееватые песчаные и рыхло-супесчаные. Все остальные почвы этого типа нуждаются в осушении. Как правило, нуждаются в осушении и дерновые пере-

увлажненные почвы. Среди этих видов почв преобладают дерново-глеевые, использование которых без осушения имеет весьма ограниченный характер.

На пойменных землях накапливаются минеральные и органические вещества, смываемые с водосбора. Пойменные почвы обладают высоким плодородием, но нуждаются в проведении культуртехнического обустройства территории и улучшении водного режима в связи с периодическими их затоплениями паводками.

Среди периодически переувлажняемых следует выделить дерново-подзолистые почвы на лессах и лессовидных суглинках. Они в Беларуси занимают 783,6 тыс. га (или 6,2 % площади). Характерной особенностью лессовых почв являются небольшие блюдцеобразные западины. Их образование объясняется глубоким выщелачиванием карбонатов и последующей просадкой грунта.

Торфяно-болотные и заболоченные почвы в Беларуси занимают 2,9 млн. га, что составляет 14,4 % площади территории страны. Около 40 % из них включены в общий сельскохозяйственный мелиоративный фонд. Основная доля их приходится на Брестскую, Минскую и Гомельскую области и концентрируется в Полесской низменности.

Торфяники в зависимости от их генезиса делят на низинные, верховые и переходные. В Беларуси преобладают торфяно-болотные почвы низинного типа.

В зависимости от мощности торфяного слоя торфяно-болотные и заболоченные почвы делят на торфянисто-глеевые, у которых глубина торфяного слоя не превышает 30 см; торфяно-глеевые, у которых мощность слоя торфа колеблется от 30 до 50 см; торфяно-болотные маломощные (мощность торфа от 50 до 100 см); среднемощные (слой торфа от 100 до 200 см) и мощные со слоем торфа более 200 см.

По степени разложения торфяные почвы бывают слаборазложившиеся (с разложением до 20–25 %), среднеразложившиеся (25–35 %) и хорошо разложившиеся (35–45 % и более).

Основным богатством торфяно-болотных почв является органическое вещество с высокой водоудерживающей способностью, определяющей их повышенное потенциальное плодородие. Другим показателем, выражающим суммарное содержание минеральной составляющей, является зольность. Зольный состав торфяников формируется в основном из минерализовавшихся остатков растений-торфообразователей и, кроме того, из минеральных веществ, взвешенных и частично растворенных в поверхностных и грунтовых водах, а также из частиц,

выпадающих с атмосферными осадками и приносимых ветром. Общая зольность торфяников составляет в среднем 5–35 %.

Низинные торфяники (эвтрофные болота) формируются при длительном затоплении грунтовыми водами понижений, речных долин и надпойменных террас. Иногда низинный торф образуется при зарастании озер и стариц. Степень разложения низинных торфяников составляет в пределах от 30 до 60 %, зольность их достигает 35 %. Эти торфяники представляют наибольший интерес для сельского хозяйства.

Верховые болота (олиготрофные) образуются на водораздельных территориях. Основным источником переувлажнения являются атмосферные осадки, которые по сравнению с грунтовыми водами обеднены минеральными солями. Верховой торф имеет низкую зольность и небольшое содержание минеральных веществ, этим почвам присуща высокая кислотность. Поэтому верховые болота отличаются низким естественным плодородием и их нецелесообразно использовать в сельском хозяйстве. Такие болота наиболее распространены в Витебской области.

Переходные болота (мезатрофные) формируются в условиях, при которых нарастаемая поверхность торфяных почв постепенно теряет связь с грунтовыми водами, вследствие чего водное и минеральное питание ухудшается. Они занимают промежуточное положение между низинными и верховыми болотами. В процессе эволюции эти болота постепенно переходят в верховые торфяники с питанием атмосферными осадками. В сельском хозяйстве используются ограниченно, поскольку их органическое вещество бедно питательными минеральными веществами.

Под влиянием гидромелиорации и комплекса агротехнических мероприятий происходят коренные изменения в почвообразовательном процессе торфяно-болотных почв. Удаление избытка влаги и усиление доступа атмосферного воздуха приводят к активизации окислительного процесса. Следствием этого является интенсивное разложение органического вещества. Поэтому при планировании мелиоративных мероприятий должны быть предусмотрены меры по снижению интенсивности этого процесса. Опыт свидетельствует, что интенсивность убыли органического вещества зависит от характера использования торфяно-болотных почв. Как правило, торфяные почвы рекомендуется использовать под травы. Однако в зависимости от наличия и состояния этих почв в хозяйстве на них могут возделываться и другие культуры в рамках почвозащитных систем земледелия.

В настоящее время практически все почвы, используемые в хозяйственной деятельности человека в той или иной степени отличаются от нетронутых аналогов. Если раньше человек воздействовал лишь на пахотный слой (15–20 см), то сейчас антропогенной трансформации нередко подвергается весь почвенный профиль. Осушение, глубокая вспашка, рекультивация, культуртехнические и другие мероприятия накладывают заметные отпечатки на генетический профиль почв, изменяют их диагностические признаки (Н. Слиян, Г. Цытрон, Л. Шибут, 2004).

Во всех областях, за исключением Гродненской, наиболее широко распространены деградированные почвы (торфяно-минеральные, остаточные-торфяные, минеральные и постторфяные минеральные). Так, в составе сельскохозяйственных земель Гомельской и Брестской областей они составляют соответственно 4,5 и 5 % их площади. Брестская область располагает самыми большими площадями этих почв в составе пахотных земель (3,4 %). Значительны площади этих почв и в составе сельскохозяйственных земель Минской области. Общая площадь деградированных торфяных почв в республике в 2000 г. составила 190,2 тыс. га.

Наибольшие площади деградированных почв сконцентрированы в пределах сельскохозяйственных земель Могилевской (0,9 %), Витебской (0,5 %) и Гомельской (0,5 %) областей.

Почвы овражно-балочного комплекса характерны в основном для сельскохозяйственных земель районов распространения холмисто-моренного рельефа Витебской (0,3 %) и лессового плато Могилевской (0,2 %) областей.

Нарушенные почвы встречаются во всех областях республики преимущественно на одинаковых площадях. Формирование их приурочено к различного рода строительным и культуртехническим работам, сопровождающимся частичным или полным нарушением строения естественного профиля.

Нарушенные рекультивированные почвы наибольший процент занимают среди сельскохозяйственных земель на территории Гродненской и Минской областей (по 0,8 %). Это в основном рекультивированные торфяные почвы.

Отдельными массивами встречаются также техногенно заболоченные почвы (подтопленные и постдренированные). Формирование подтопленных почв приурочено к зонам крупных водохранилищ и разработки полезных ископаемых шахтным способом. Постдренированные

почвы характерны для староосушенных территорий с неисправной системой. Особую группу составляют загрязненные почвы и, прежде всего, химически загрязненные радиоактивными веществами. Площадь сельскохозяйственных земель, загрязненных радионуклидами, в настоящее время составляют немногим более 1,5 млн. га и приурочена к территории Гомельской (55 %) и Могилевской (28 %) областей.

### **3.1.2. Цель и условия применения осушительных мелиораций**

Площадь осушаемых земель в мире (по разным оценкам) составляет 180–210 млн. га (2/3 приходится на Европу, Северную Америку и 50 млн. га – на Азию). Наибольшая площадь осушенных земель расположена в США (60 млн. га). В Англии в осушенном состоянии находится более 1/2 сельскохозяйственных угодий, т. е. практически все переувлажненные земли. В Литве, Латвии и Эстонии осушенные земли занимают 80–82 % сельскохозяйственных угодий, в Германии, Англии, Нидерландах, Бельгии, Дании, Финляндии – 70–90 %.

Природно-климатические условия Республики Беларусь также не позволяют вести интенсивное земледелие без улучшения водного режима на площади около 8 млн. га потенциально плодородных, но заболоченных и переувлажненных земель. Из них 4,5 млн. га наиболее пригодны для ведения сельского хозяйства. Все эти земли составляют потенциальный сельскохозяйственный мелиоративный фонд Беларуси. Из данного фонда, как указывалось ранее, на 1 января 2010 г. осушено 3,42 млн. га, из которых в сельскохозяйственном производстве используется 2,92 млн. га.

Сельскохозяйственные осушительные мелиорации предназначены для улучшения в соответствии с требованиями сельскохозяйственных культур водного режима и связанных с ним теплового и питательного режимов в корнеобитаемом слое на заболоченных и переувлажненных землях. Осушение призвано обеспечить благоприятные водные условия для культурных растений и реализуется путем сброса избыточных вод с осушаемой территории. Осушительные мелиорации могут применяться также для упорядочения водного режима земель на других объектах народного хозяйства несельскохозяйственного назначения.

Проведение осушительных мероприятий в комплексе с мероприятиями по окультуриванию земель существенно изменяют социально-экономические условия проживания населения в зонах избыточного увлажнения. После осушения переувлажненных территорий кроме получения под сельскохозяйственные угодья дополнительных площа-

дей появляется возможность развития транспортных путей, улучшения соцкультбыта и перспективного обустройства населенных пунктов. За счет осушения земель возрастают площади полей севооборотов, повышается эффективность использования сельскохозяйственной техники.

Осушаются также торфяные месторождения под добычу торфа (на удобрения, топливо, для медицинских целей и др.). В лесном хозяйстве осушение применяется для ускорения роста и улучшения условий использования древесной растительности. Во многих случаях без осушения территорий невозможно вести гражданское и промышленное строительство. Специальные осушительные мероприятия предусматриваются также при строительстве спортивных площадок, аэродромов, когда необходимо быстро отводить избыточные воды.

Осушение обычно сопровождается другими видами мелиорации почв. Вместе с осушением проводятся культуртехнические, агромелиоративные, агрохимические и другие мероприятия, улучшающие водно-физические свойства почвы и повышающие ее плодородие. На мелиорированных землях рекомендуется применять специальные системы земледелия.

Выбор объектов для осушения должен производиться с учетом проблем биосферной совместимости осушенных территорий с окружающей средой. При проектировании осушения земель необходимо стремиться исключить неблагоприятные изменения в функционировании природных экосистем на прилегающих территориях. В естественном виде должны сохраняться памятники истории, архитектуры, археологии, ценные объекты природы, включая и прилегающие болотные экосистемы. Достичь всего этого можно применением единой, взаимосвязанной системы природоохранных мероприятий. Там, где имеется большое разнообразие видов и сообществ растений и животных, выделяются биологические заказники, создаются природоохранные полосы и ниши, разделительные полосы, миграционные коридоры для обеспечения свободного передвижения животных. На самих осушаемых землях следует оставлять фрагменты природных экосистем и проектировать искусственные природоохранные объекты (полезащитные, лесные полосы, противозрозионные устройства, пруды-накопители и др.).

Для многих районов Беларуси мелиорация земель является необходимым условием стабильного экономического и социального развития. Ряд хозяйств на протяжении многих лет не только постоянно отлича-

ются высокими урожаями зерна, трав, картофеля и других сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях, но и комплексным обустройством территории. Наряду с объектами мелиоративного и водохозяйственного строительства возведены сельскохозяйственные производственные помещения, жилые дома, культурно-бытовые здания, проложены дороги и другие коммуникации.

Примером такой комплексной застройки служат многие хозяйства Солигорского, Пружанского, Лунинецкого, Пинского и других районов. После проведения осушения земель и создания систем с регулированием водного режима почвы производство сельскохозяйственной продукции здесь возросло в несколько раз. Наиболее высоких урожаев добывались на Полесской опытно-мелиоративной станции. Местный опыт показывает, что с применением интенсивных технологий можно получать до 5–6 т/га зерна, 12–14 т/га сена многолетних трав, 38–40 т/га картофеля, около 65–70 т/га корнеплодов.

### **3.1.3. Причины переувлажнения земель**

А. Н. Костяков выделяет две группы причин переувлажнения земель. В первую он включает зональные причины, а во вторую – местные.

К зональным причинам относятся превышение атмосферных осадков над водопотреблением и связанное с этим соответствующее направление почвообразовательного процесса, снижающее водопроницаемость подпочвенных слоев. В свою очередь местные причины определяются конкретными условиями объекта.

Одной из главных местных причин является замедление стока поверхностных вод. Атмосферная вода, скапливаясь на пониженных местах рельефа, переувлажняет почву, и создаются условия для развития болотной растительности. На используемых в сельском хозяйстве землях это осложняет обработку почвы сельскохозяйственной техникой и ухудшает условия возделывания сельскохозяйственных культур. Кроме того, из-за несвоевременного отвода атмосферных осадков уровень грунтовых вод может подниматься и, достигая корнеобитаемого слоя, изменять в неблагоприятном направлении водный, воздушный и питательный режимы. В условиях повышенной влажности почвы понижается содержание кислорода в почвенном воздухе, ухудшается потребление растениями питательных элементов.

При сложном рельефе с чередующимися понижениями и возвышениями также происходит перераспределение влаги в пространстве.

Вода с холмов стекает в понижения, застаивается в них, переувлажняя почву и уменьшая ее несущую способность. В таких условиях местного переувлажнения сложно обработать землю и своевременно выполнять требуемые для сельскохозяйственных культур агротехнические мероприятия на полях севооборотов.

### **3.1.4. Типы водного питания переувлажненных земель**

Под типом водного питания (ТВП) понимают пути поступления воды на переувлажненные земли, зависящие от климатических, геологических, гидрогеологических, почвенных условий объекта. Этими условиями определяются основные составляющие водного баланса, вызывающие переувлажнение земель.

По классификации, данной А. Д. Брудастовым, выделяют следующие типы водного питания земель: атмосферный, грунтовый (безнапорный), грунтово-напорный, склоновый (делювиальный), намывной (аллювиальный), смешанный (сочетание двух или нескольких приведенных выше типов). Иногда выделяют оросительный тип, результатом которого является избыток воды на объекте из-за неумеренного полива земель.

В связи с тем, что в природных условиях отделить один тип водного питания от другого сложно, определяющими являются процессы, преимущественно формирующие водный баланс (приход – расход воды) объекта. Например, атмосферные осадки накладываются на другие типы водного питания. Однако доля их по сравнению с другими может быть незначительной, а основной причиной переувлажнения являются другие ТВП. Правильное установление типа водного питания на объекте при изысканиях имеет большое значение. От него зависит выбор методов и способов осушения земель, а также требуемая конструкция осушительной системы.

При *атмосферном* ТВП основным источником избыточной влаги являются атмосферные осадки, выпадающие непосредственно на переувлажненную территорию. Этот ТВП характерен для земель, расположенных на плоских водоразделах, в верхних частях склонов с малыми уклонами поверхности земли и слабоводопроницаемыми почвами. Грунтовые воды обычно находятся глубоко и не имеют связи с верхними слоями почвы.

При *грунтовом водном питании* характерно высокое стояние уровня воды в грунте, препятствующее обработке земель и выращиванию сельскохозяйственных культур. В зависимости от того, как сформиро-

ваны грунтовые воды на объекте, выделяют три подтипа этого водного питания.

При первом подтипе приток грунтовых вод происходит со смежных площадей. Поток грунтовых вод формируется за пределами объекта и, перемещаясь к нему, вызывает подъем уровней, способствуя переувлажнению территории.

Второй подтип, приток грунтовых вод происходит из водохранилищ, рек при высоком стоянии в них уровней воды, препятствующих оттоку грунтовых вод с переувлажняемой территории. Такой подтип образуется в результате искусственного подъема уровня воды в водотоках и водоемах.

К третьему подтипу относят водное питание от бассейна грунтовых вод. Оно присуще равнинным территориям, сложенным водопроницаемыми грунтами, которые с небольшой глубины подстилаются водоупорами. В пределах территории бассейн грунтовых вод формируется за счет инфильтрации атмосферных осадков через водопроницаемые грунты. Вода, достигая водоупора, приводит к повышению грунтовых вод до глубины, при которой усложняется ведение сельскохозяйственных работ. Положение грунтовых вод в значительной степени определяется водопотреблением растений, поэтому поверхность грунтовых вод иногда копирует поверхность земли. Переувлажненные земли с бассейном грунтовых вод чаще представлены песками, низинными торфяниками, реже переходными и верховыми болотами. На верховых болотах и возвышениях основным поставщиком воды в бассейн являются атмосферные осадки.

При *грунтово-напорном* питании на переувлажненную территорию воды поступают по водоносному пласту, заключенному между слабо-водопроницаемыми грунтовыми слоями. Отличительным признаком напорного водного питания является наличие связи пьезометрического уровня грунтовых вод с геологическим строением грунтов.

Выделяют три подтипа грунтово-напорного водного питания. При первом подтипе напорные воды выходят на поверхность в виде восходящих родников через «окна», образующиеся в водоупорах. Если на верхнем водоупорном слое имеется переувлажненный слой с грунтовым водным питанием, то он может подпитываться за счет напорных вод через слабопроницаемую толщу. Третий подтип характеризуется переувлажнением слабопроницаемых почвогрунтов за счет капиллярного поднятия под напором грунтовых вод.

Переувлажнение земель при *склоновом* ТВП (намывное делюви-

альное) происходит в результате поступления поверхностных вод со склонов водосбора, примыкающего к объекту осушения. Такое водное питание имеют заболоченные земли на склонах, сложенных слабоводопроницаемыми грунтами.

Если переувлажнение земель вызвано затоплением паводковыми водами, выходящими из берегов рек и озер, то такое водное питание называется *намывным аллювиальным*. Подобный ТВП характерен для речных и озерных пойм.

На территории Беларуси можно выделить два крупных региона с различающимися типами водного питания. На Полесье, имеющем равнинный рельеф, преобладает грунтовое водное питание, а глинистые, суглинистые почвы Витебской и северной части Минской областей чаще переувлажняются за счет атмосферных осадков.

## **3.2. Сущность и условия применения осушительных мелиораций**

### **3.2.1. Роль водного режима в жизнедеятельности растений**

Общеизвестно, что нормальное развитие растений возможно только при условиях, создаваемых благоприятным сочетанием основных факторов их жизни – освещенностью, температурой окружающей среды, содержанием в ней влаги и элементов минерального питания. Основным показателем оптимальности условий является обеспечение необходимого энерго- и массообмена между растениями и средой их обитания.

В практике сельскохозяйственного производства создание требуемых для развития растений условий осуществляется либо естественным образом (природой), либо путем искусственного регулирования водного, теплового, светового и пищевого режимов в почве и приземном слое воздуха. Эти режимы связаны между собой и взаимовлияют друг на друга, в том числе и посредством растений.

Так, содержание воды в почве существенным образом влияет на содержание воды в растении, на температуру почвы и надземных растительных органов, на интенсивность поступления элементов минерального питания в растение. Таким образом, от водного фактора напрямую зависит интенсивность транспирации, фотосинтеза, дыхания и всего продукционного процесса.

Водный и тепловой режимы почвы во многом обуславливают интенсивность микробиологических процессов, ответственных за разло-

жение органического вещества, а следовательно, и формирование пищевого режима. От этих факторов зависит также развитие болезней растений. В свою очередь, содержание питательных веществ в почве влияет на интенсивность нарастания листовой поверхности, на транспирацию, а через нее – на водный и температурный режимы растительного покрова и почвы.

Очевидно, что установление оптимального режима осушения должно базироваться на системном подходе (всестороннем учете всех факторов, определяющих эффективность сельхозпроизводства на мелиорируемых землях). Это требует знания как закономерностей водного, минерального, теплового и газового (углеродного) обмена в системе почва – растение, так и влияния этого обмена на продукционные процессы в растительном сообществе и на свойства самой среды обитания. Ниже приводятся краткие сведения о качественных характеристиках этих процессов.

Водный режим почв характеризуется почвенной влажностью, глубиной расположения уровней грунтовых вод и интенсивностью обмена влагой между приземным слоем воздуха, корнеобитаемым слоем и нижележащими слоями почвы. Избыток воды в корнеобитаемом слое снижает поступление кислорода, вследствие чего в почве протекают анаэробные процессы. При недостатке кислорода в почве замедляется процесс минерализации органических веществ, так как избыток воды угнетает жизнедеятельность аэробных микроорганизмов, разлагающих органику. При этом снижается интенсивность обменных процессов между почвой и растениями, ухудшается их питательный режим. Переувлажнение снижает также несущую способность почвы, что препятствует ее механической обработке, увеличивая энергозатраты.

Влажные почвы более теплоемки, имеют большую теплопроводимость, чем сухие. Они медленнее оттаивают и хуже прогреваются весной, что сокращает продолжительность вегетационного периода. При набухании связных почв снижается их водопроницаемость. Корневая система растений при высоком уровне стояния грунтовых вод не может развиваться вглубь и концентрируется в верхнем слое.

При удалении воды из почвы ее место занимает воздух. Поступление кислорода воздуха интенсифицирует микробиологический процесс, создавая для него аэробные условия. Это усиливает окисление (разложение) органического вещества, повышает обеспеченность растений минеральным азотом. Удаление избыточной влаги стимулирует проникновение растений в нижние слои почвы, что приводит к форми-

рованию более мощной корневой системы. Как правило, снижение содержания влаги в почве сопровождается повышением ее температуры, а это влияет на продолжительность теплого периода, увеличивая обеспеченность растений тепловыми ресурсами. И, наконец, повышается несущая способность почв. Она становится пригодной для ведения сельскохозяйственных работ на протяжении всего вегетационного периода.

На тяжелых почвах переувлажняется в первую очередь пахотный слой. Например, во время снеготаяния почва обычно насыщается полностью, вплоть до появления грунтовых вод в корнеобитаемом слое. Такое явление может иметь место также во время выпадения значительных осадков летом.

В связи с тем, что вертикальный влагообмен на тяжелых почвах незначителен, основой регулирования водного режима на них является организация (ускорение) поверхностного стока, а также перевод его в дренажный. Необходимая влажность здесь может достигаться после удаления избытка влаги из пахотного слоя за счет физического испарения и транспирации растениями. Процесс понижения влажности в корнеобитаемом слое на практике интенсифицируется такими приемами, как глубокое рыхление, кротование и другими мерами, способствующими перераспределению влаги по почвенному профилю.

Несколько иная картина наблюдается на почвах при постоянном подпоре грунтовыми водами. Здесь влажность почвы существенно зависит от положения грунтовых вод. Поэтому в таких случаях, изменяя положение уровня грунтовых вод, можно осушить корнеобитаемый слой почвы до допустимой влажности.

Положение уровня грунтовых вод не остается постоянным во времени. Под воздействием атмосферных осадков возможно затопление поверхности почвы или подтопление корневой системы за счет подъема уровня грунтовых вод. При затоплении корневой системы нарушаются обменные процессы в растении, вследствие чего угнетается ростовый процесс и снижается продуктивность культуры. Например, затопление весенними паводковыми водами посевов озимой пшеницы в течение трех суток снижает урожай на 20–40 %, а при затоплении на 3–6 суток урожайность падает на 60–90 %. Если растения находятся в воде семь суток и более, их урожайность снижается на 80 % и выше. Поэтому продолжительность затопления допускается такой, чтобы она не повлияла существенно на развитие сельскохозяйственных культур.

Подобная картина наблюдается и при частичном подтоплении корневой системы растений. Подтопление корневой системы капусты в период формирования качана на двое суток снижает урожай на 19 %, в течение пяти суток – на 66 % и за семь суток – на 74 %. При подтоплении в течение двух суток до половины корневой системы капусты в стадии завязывания качана урожай уменьшается на 7 %, за пять суток – на 25 % и за семь суток – на 40 %, а при подтоплении до корневой шейки – соответственно на 9, 38 и 90 %.

Мелиорированные земли, которые затапливаются весенними половодьями 10%-ной обеспеченности, не рекомендуется использовать под посевы озимых зерновых культур.

### **3.2.2. Режим осушения**

Под режимом осушения понимается поддерживаемый мелиоративными мероприятиями оптимальный водно-воздушный режим почвы, который характеризуется следующими основными показателями: аэрацией почвы, ее влажностью, нормой осушения, допустимой продолжительностью затопления.

Осушение переувлажняемых почв должно способствовать улучшению остальных факторов жизни растений. Следовательно, режим осушения должен быть таким, чтобы все факторы жизни растения изменялись в направлении к их оптимальным значениям.

Главным требованием к режиму осушения является создание таких условий в среде обитания растений, при которых обеспечивается получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях. Однако практическая реализация требуемого режима осушения часто сдерживается высокой стоимостью необходимых для этого мероприятий, ограниченными возможностями применяемых технологий производства строительных и эксплуатационных мелиоративных работ, необходимостью защиты природной среды от возможных негативных последствий мелиорации земель. К негативным последствиям осушения можно отнести обеднение биологического разнообразия ландшафтов, понижение уровня грунтовых вод на прилегающих территориях и т. п.

Выше показано, что с водным режимом почвы тесно связаны ее пищевой и тепловой режимы. Изменяя водный режим, можно существенно регулировать поступление питательных веществ в растения и

температуру его надземных и подземных органов. Очевидно, что для получения высоких урожаев необходимо добиваться оптимального сочетания этих режимов.

Для большинства почв минимальный объем воздуха в корнеобитаемом слое должен быть не менее 15–20 % от объема пор при возделывании трав и 20–35 % – при возделывании зерновых культур и корнеплодов. Это условие определяет допустимое содержание влаги в корнеобитаемом слое почвы. При выращивании трав максимально допустимая влажность равна 80–85 % от пористости, а для зерновых и корнеплодов – 65–80 %.

В свою очередь, нижний предел оптимальной влажности существенно зависит от гранулометрического состава минеральной и типа торфяной почвы. В зависимости от вида почв и фазы вегетации для трав он колеблется от 40 до 60 % от общей пористости, для зерновых и корнеплодов он находится в пределах 30–45 %.

Влажность почвы, согласно требованиям сельскохозяйственных культур, не должна оставаться постоянной на протяжении вегетационного периода. В начале вегетации для растений необходима более высокая влажность. По мере роста корней, особенно на последних стадиях развития растений, она может быть существенно меньшей, чем в начале вегетации. Соответствующим образом должен изменяться и уровень грунтовых вод.

Установленная глубина грунтовых вод, до которой они должны быть понижены с помощью осушения (в критические периоды исходя из требований растений и производства работ), называется нормативной глубиной осушения (*нормой осушения*). Исходя из нее, а также с учетом гидрометеорологических и гидрогеологических условий, в которых находится объект, устанавливается глубина осушительных каналов и другие параметры мелиоративной системы.

Поддерживать практически заданную норму осушения на некотором участке в течение длительного времени весьма сложно. Сложность эта вызывается динамичностью (переменным режимом) составных элементов водного баланса для любого земельного участка в условиях неустойчивой влагообеспеченности. Соответственно была выдвинута (Г. И. Афанасик, РУП «Институт мелиорации») новая концептуальная установка, связывающая параметры мелиоративной сети не с жестко закрепленной нормой осушения, а с некоторым диапазоном допустимого колебания уровней грунтовых вод.

Диапазон уровней грунтовых вод, при котором с нижележащих почвенных слоев обеспечивается необходимое подпитывание корнеобитаемого слоя влагой в засушливые периоды вегетации и отведение в нижележащие слои излишков воды в периоды выпадения дождей, называется *оптимальным диапазоном изменения УГВ*. При таком режиме УГВ создаются благоприятные условия для поглощения питательных веществ из пахотного слоя и удовлетворительный температурный режим в почве и растительном покрове. Ширина этого диапазона в течение вегетации зависит от типа почвы, вида сельскохозяйственной культуры и метеорологических условий.

Понятие «оптимальный диапазон изменения УГВ» вводится вместо традиционного используемого термина «норма осушения» как более полно учитывающее периодически сменяющие друг друга во времени процессы осушения и увлажнения. В реальных же условиях при наличии на осушаемом участке нескольких сельскохозяйственных культур, развитого микро- и мезорельефа и сложной структуры почвенного покрова вместо понятия «оптимальный диапазон УГВ» вводится понятие «*наиболее безопасный диапазон УГВ*». При поддержании УГВ в пределах этого диапазона для возделываемых сельскохозяйственных культур достигается наименьший ущерб в экстремальных условиях (при затяжных дождях или длительных засухах).

Управление водным режимом по «безопасному диапазону» позволяет более рационально использовать атмосферные осадки и весенние влагозапасы в почве. Значения наиболее безопасных диапазонов УГВ для относительно выровненных поверхностей полей приведены в табл. 3.1 и 3.2.

В зависимости от природных условий и вида возделываемых сельскохозяйственных культур ширина безопасного диапазона достигает 0,3–0,4 м в начале вегетации и 0,4–0,7 м в конце, что в несколько раз превышает пределы колебания традиционно заданных норм осушения. При этом величина допустимого снижения медианной линии, осредняющей безопасный диапазон УГВ, в конце вегетации превышает рекомендованные ранее нормы осушения на 0,2–0,3 м.

Подъемы УГВ, вызванные выпадением дождей, если они находятся в пределах заданного диапазона, несущественно (до 5 %) снижают урожай зерновых и практически не влияют на продуктивность многолетних трав. Поэтому при регулировании водного режима путем поддержания УГВ в безопасном диапазоне осушение почвы должно включаться только в случае перехода УГВ через его верхнюю границу.

**Таблица 3.1. Наиболее безопасные диапазоны изменения УГВ (нормы осушения) для сельскохозяйственных культур, возделываемых на торфяных почвах, см**

Сельскохозяйственное использование мелиорируемых земель	В начале вегетации	Середина вегетационного периода	В конце вегетации
Сенокосы	30–60	60–100	70–120
Пастбища	50–80	60–100	70–120
Зернотравяной севооборот с преобладанием зерновых	50–80	80–120	90–140
То же, с преобладанием трав	50–80	70–110	80–130

**Таблица 3.2. Наиболее безопасные диапазоны изменения УГВ (нормы осушения) для сельскохозяйственных культур, возделываемых на минеральных почвах, см**

Сельскохозяйственное использование мелиорируемых земель	В начале вегетационного периода	В середине вегетационного периода	
		Песчаные и суглинистые почвы	Суглинистые и глинистые почвы
Полевые севообороты	40–80	80–120	100–140
Кормовые севообороты с преобладанием трав	30–70	70–110	80–120
То же, с преобладанием пропашных	40–80	80–120	90–130
Пастбища	40–70	70–100	75–110
Сенокосы	30–70	60–90	70–110

К началу сева сельскохозяйственных культур уровень грунтовых вод должен быть понижен до верхней границы безопасного диапазона.

В районах распространения минерализованных грунтовых вод в связи с опасностью засоления почв в режиме осушения вместо нормы осушения используют понятие *критическая глубина грунтовых вод*. При расположении УГВ на критической глубине засоления не происходит, так как капиллярного притока, несущего соль в почву, практически нет. Критическая глубина больше нормы осушения в среднем в полтора раза. Допустимая продолжительность затопления земель, занимаемых различными видами трав, приведена в табл. 3.3.

Важно знать продолжительность затопления поверхности земли и подтопления корнеобитаемого слоя почвы в вегетационный период, когда источником переувлажнения могут быть дождевые воды или приток их со смежного водосбора. Эти сроки (табл. 3.4) положены в

основу расчета осушительной сети, которая должна удалить избыток воды за указанное время.

Таблица 3.3. Допустимая продолжительность затопления многолетних трав весенними половодьями 10%-ной обеспеченности

Виды луговых трав	Допустимая продолжительность затопления, сут
1. Клевер красный, овсяница красная	До 10
2. Тимофеевка луговая, овсяница луговая, мятлик луговой, клевер ползучий, чина луговая, мышиный горошек	До 15
3. Лисохвост луговой, костер безостый, пырей ползучий	До 25
4. Полевица белая, мятлик болотный	До 30
5. Бекмания обыкновенная, канареечник тростниковый	До 40

Таблица 3.4. Сроки удаления избыточных вод в вегетационный период

Наименование культур	Сроки отвода избыточных вод, сут		
	С поверхности земли	На глубину	
		до 0,2 м	до верхнего предела безопасного диапазона
1. Полевые севообороты с озимыми	0,5	1	4
2. Полевые (без озимых)	0,8	–	–
3. Кормовые, овощные севообороты	–	2	5
3. Пастбища	1,0	2	5
4. Сенокосы	1,5	3	8

### 3.2.3. Методы и способы осушения земель

Под *методом* осушения понимают направленность воздействия гидротехнических, агрометеорологических и других мероприятий, предназначенных для ликвидации избыточного увлажнения земель с различными типами водного питания.

Известны следующие основные методы осушения:

1. Ускорение стока поверхностных вод на территориях с атмосферным водным питанием. Этот метод применим на почвах тяжелого гранулометрического состава на плоских водоразделах, пологих склонах.

2. Понижение уровня грунтовых вод при грунтовом и понижении пьезометрического уровня при грунтово-напорном водном питании почв. Требуемое понижение уровня грунтовых вод достигается в основном на почвах легкого гранулометрического состава и на торфяно-болотных почвах.

3. Перехватывание поверхностных и грунтовых вод, поступающих со смежных водосборов и водоемов, которые подтапливают территории в весеннее и летнее время. Такие меры применяют при делювиальном типе водного питания.

4. Обвалование территорий. Оно предназначено для защиты земель от длительного затопления весенними или летними паводками при аллювиальном типе водного питания.

5. Комбинированный метод. Он выбирается в случаях, когда переувлажненные земли имеют несколько типов водного питания.

Переувлажнение территории вызывается, как правило, несколькими типами водного питания. Характерными из них для Беларуси являются атмосферное и грунтовое, атмосферное и делювиальное и т. д. В соответствии с типами водного питания выбираются и методы осушения.

Под *способом осушения* понимается конструктивное исполнение метода осушения. Способ осушения – это прием реализации метода осушения с применением конкретных конструкторских решений по улучшению водного режима почв. При выборе или разработке способа осушения необходимо учитывать его экономичность, экологическую безопасность и возможность технического исполнения. Наиболее распространенными способами осушения применительно к изложенным выше методам осушения являются:

1. Закрытые собиратели, открытые осушительные каналы, системы ложбин стока, сооружений, которые позволяют ускорить поверхностный сток и удалить избыточную воду из пахотного слоя почвы.

2. Закрытый и открытый горизонтальный дренаж, вертикальный дренаж, дренаж с самоизливающимися скважинами и ряд других устройств, позволяющих понизить уровни грунтовых вод до расчетных норм осушения.

3. Оградительная сеть. Она устраивается по периферии осушаемого массива у подошвы склонов или вдоль водоемов.

4. Пolderные системы. В данном случае одним из главных элементов мелиоративной системы являются дамбы, устраиваемые вдоль водотоков (водоемов) и предотвращающие затопление территории паводковыми водами.

5. Комбинированный способ. Реализуется несколькими ранее названными способами. Наиболее часто эта комбинация состоит из закрытого дренажа, оградительной сети, других сооружений (колодцы-поглотители, ложбины стока и др.), повышающих эффект осушения земель.

Главным требованием к способу осушения является обеспечение условий для расширенного воспроизводства почвенного плодородия в соответствии с экологическими ограничениями и особенностями осушаемых почв. При обосновании способа осушения должны учитываться также возможные чрезвычайные обстоятельства (например, наводнения на Полесье).

При выборе способа осушения оцениваются возможные объемы сброса воды. Мелиоративная сеть и сооружения на ней должны содействовать ускорению пропуска паводковых вод и ликвидации затопления территории в установленные сроки. Путем подбора соответствующих способов осушения в зоне радиоактивного загрязнения можно уменьшить поступление радионуклидов в растениеводческую продукцию до допустимых уровней.

Разрабатывая способы осушения, желательно проводить оценку запасов водных ресурсов не только в пределах данного объекта, но также и на всем водосборе, где расположен этот объект. Выполняют это для того, чтобы рационально использовать водные ресурсы, создавая необходимые запасы воды для бытовых, технических нужд и для обеспечения растений в засушливые периоды, исключая излишний сброс воды за пределы мелиорируемых территорий.

Качественное регулирование водного режима почв достигается, как правило, комплексом приемов. В этот комплекс могут входить инженерные сооружения и устройства, агро-мелиоративные, культуртехнические, природоохранные мероприятия и ряд других операций, позволяющих достичь поставленную цель при осушении земель.

На маломощных торфяных почвах предусматривают устройство закрытой осушительной сети (дренажа), а также планируют мероприятия по увлажнению. Открытую сеть на таких почвах можно применять, если они подстилаются песками с водопроницаемостью более 1 м/сут. Такой же способ предпочтителен при интенсивном грунтово-напорном питании, первичном осушении болот с глубиной торфа более 1 м, при подстилании торфа илами, сапропелями. В некоторых случаях открытая сеть дополняется выборочной закрытой сетью, а при сложном рельефе – мероприятиями по регулированию поверхностного стока.

Минеральные почвы тяжелого гранулометрического состава обычно осушают закрытой сетью, дополняя их приемами по ускорению поверхностного стока и соответствующими агро-мелиоративными мероприятиями.

Почвы легкого и среднего гранулометрического состава осушают как закрытой, так и открытой сетью, предусматривая при необходимости устройства для регулирования водного режима (увлажнения почв). Если же эти почвы расположены на сложном рельефе, необходимо применение приемов для перераспределения поверхностного стока по почвенному профилю.

На поймах создают системы, позволяющие как осушать, так и увлажнять почвы. Эту роль выполняют водооборотные полевые системы, обеспечивающие сброс паводковой воды по сети открытых каналов самотеком или с применением машинного водоподъема. Применяют также систему агроландшафтных мероприятий и других мер, направленных на улучшение среды обитания растений.

### 3.2.4. Мелиоративные системы и их элементы

Комплекс сооружений, предназначенных для сброса излишков воды с целью улучшения водного режима почв, называется осушительной системой. В нее входят следующие элементы: регулирующая сеть; проводящая сеть; оградительная сеть; водоприемник; гидротехнические сооружения; дорожная сеть; полезащитные лесные полосы; специальные сооружения и устройства (рис. 3.1).

*Регулирующая сеть* предназначена для сбора поверхностных и грунтовых вод, переувлажняющих участки, с целью улучшения водно-воздушного режима осушаемых почв. Она может состоять из закрытой и открытой сети, ложбин стока, поглотительных устройств и др.

*Проводящая сеть* необходима для приема воды из регулирующей сети и транспортирования ее в водоприемник (более крупную гидрографическую сеть). К проводящей сети относят магистральные каналы, транспортирующие собиратели, коллекторы.

*Оградительная сеть* проектируется, чтобы защитить земли от поступления на них поверхностных и грунтовых вод со смежных территорий. В качестве оградительной сети служат ловчие, нагорно-ловчие, береговые каналы или дрены.

Важным элементом осушительной системы является *водоприемник*, который принимает воду со всей осушаемой площади.

Чтобы осушительная система функционировала в установленном режиме, необходимы также *гидротехнические сооружения* (трубы-перезеды, трубы-регуляторы, мосты, колодцы смотровые, поглотители и др.).

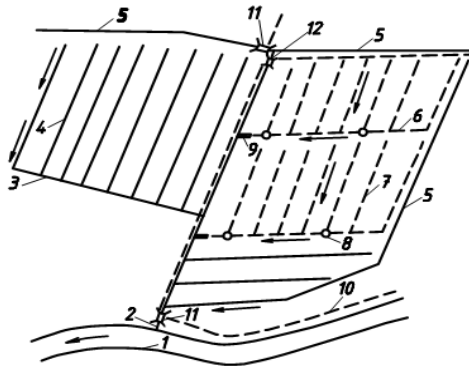


Рис. 3.1. Примерная схема осушительной гидромелиоративной системы:  
 1 – река-водоприемник; 2 – магистральный канал; 3 – открытый коллектор;  
 4 – открытые осушители; 5 – нагорно-ловчий канал; 6 – закрытый коллектор;  
 7 – закрытые дрены; 8 – смотровой колодец; 9 – устьевое сооружение;  
 10 – дорога; 11 – мост; 12 – труба-переезд

*Дороги* проектируют на всех мелиоративных объектах. По дорогам обеспечивается связь мелиорируемых территорий с хозяйствами, полями севооборотов.

*Полезащитные лесные полосы* служат для защиты полей от водной и ветровой эрозии. Они необходимы также для улучшения среды обитания животных, создания благоприятного микроклимата на объекте.

К специальным сооружениям относят здания, пруды, водоемы. К этой категории принадлежат также береговые сооружения, створы наблюдательных колодцев и другие конструкции для нужд эксплуатации.

Осушительная система может быть самотечной и с механическим отводом избыточной воды с осушаемой территории. В самотечной осушительной системе излишки воды удаляются самотеком, начиная от регулирующей сети и заканчивая сбросом ее из проводящей сети в водоприемники. Эти системы иногда называют системами одностороннего действия. При механическом отводе излишки воды собираются в специальные водосборники, из которых откачивают воду с помощью водоподъемных установок.

Самотечными системами очень сложно выполнить основную функцию гидромелиораций – регулирование водного режима почв. На большинстве таких систем вода сбрасывается в водоприемник даже в периоды, когда ее не хватает растениям. Поэтому осушительные сис-

темы желательно реконструировать с целью придания им возможности подачи воды на поле к растениям в периоды недостатка влаги. Такие системы называют осушительно-увлажнительными, реже – системами двустороннего действия. Первой задачей этих систем является осушение, а второй, но не менее важной – увлажнение корнеобитаемого слоя почвы в засушливые периоды.

В некоторых случаях в дополнение к осушительной части предусматривают устройство дамб обвалования, защищающих территории от затопления паводковыми водами.

В определенных условиях хорошо зарекомендовали себя водооборотные мелиоративные системы. Главным их достоинством является рациональное использование водных ресурсов: сбор и возврат на поле отведенной в периоды осушения воды для последующего увлажнения земель в периоды засух, а также сокращение сброса загрязненных вод в водоприемники.

Если переувлажненные почвы подстилаются хорошо водопроницаемыми грунтами, можно устраивать вертикальный дренаж. Первые экспериментальные системы в Беларуси на Полесье подтвердили его эффективность и целесообразность при соответствующих гидрогеологических условиях.

Кроме перечисленных мелиоративных систем сельскохозяйственного назначения проектируют и строят системы, предназначенные для борьбы с подтоплением городских и промышленных площадок, для осушения специальных территорий – стадионов, аэродромов, дорожных полотен и других хозяйственных объектов.

В зависимости от конструкции, расположения на местности, гидрогеологических условий, типов водного питания и других природных характеристик *регулирующую сеть* подразделяют на следующие виды:

1. По отношению к направлению движения грунтовых и поверхностных вод регулирующая сеть бывает продольной и поперечной. Продольную сеть располагают вдоль направления движения, а поперечную – поперек направления движения воды (рис. 3.2, а, б).

2. По конструкции регулирующая сеть может быть открытой и закрытой. Открытая сеть устраивается в виде каналов, ложбин, борозд, а закрытая – в виде полостей, располагаемых на определенной глубине под слоем грунта.

3. В зависимости от характера поступления воды в регулирующую сеть ее делят на сеть совершенную и несовершенную по характеру

вскрытия водоносного пласта. Если грунтовые и поверхностные воды поступают равномерно по всему периметру (этим отличается идеальная дрена), такую сеть называют совершенной (рис. 3.2, в). Если же часть контура сети имеет водонепроницаемые или слабопроницаемые промежутки (кольматаж, наличие водонепроницаемых поверхностных труб, несовершенные фильтры), вызывающие сопротивление движению воды, то такая сеть называется несовершенной по характеру вскрытия водоносного пласта (рис. 3.2, з).

4. По расположению по отношению к водоупору регулируемую сеть разделяют на совершенную и несовершенную по степени вскрытия водоносного пласта. Совершенная регулирующая сеть перерезает весь водоносный пласт и достигает водоупора (рис. 3.2, д, е, ж), а несовершенная располагается выше водоупорного пласта (рис. 3.2, в, з, з).

5. По отношению к поверхности земли регулируемую сеть могут располагать в горизонтальной или вертикальной плоскостях. Горизонтальная регулирующая сеть прокладывается условно параллельно поверхности земли (рис. 3.2, в, з, д, е, з), а вертикальная – перпендикулярно (рис. 3.2, ж).

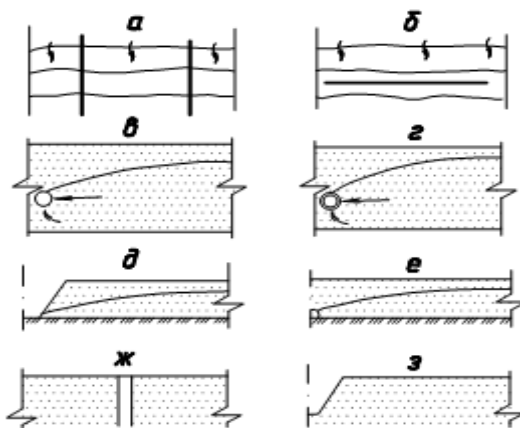


Рис. 3.2. Виды регулирующей сети

Пути, по которым вода поступает в регулируемую сеть, определяют принцип ее действия.

Различают два принципа действия регулирующей сети: собирате-

льный и дренажный (или осушительный). При собирательном принципе действия сток воды формируется в основном по поверхности почвы или по пахотному слою. В таких условиях вода поступает в открытую сеть по откосам каналов, а в закрытую – через траншейную засыпку или по специальным устройствам, обеспечивающим связь подземной полости с поверхностными водами. Собирательный принцип действия характерен для почв атмосферного водного питания, имеющих низкую водопроницаемость, например тяжелого гранулометрического состава. В таких условиях доля поверхностного стока достигает до 85–90 % от общего его объема и только 10–15 % воды поступает в регулируемую сеть по порам в грунте (рис. 3.3, *а*).

Дренажный (осушительный) принцип действия присущ регулирующей сети на легких почвах и торфяниках, на которых имеет место грунтовое или грунтово-напорное водное питание. Здесь вода в регулируемую сеть поступает по порам грунта (рис. 3.3, *б*). В таких условиях объем стока грунтовых вод преобладает над поверхностным.

Из-за несовершенства сети по характеру вскрытия водоносного пласта, а также в связи с тем, что часть объема воды в регулируемую сеть поступает по ненасыщенной зоне (области над уровнем грунтовых вод), всегда, даже при дренажном принципе действия, имеет место превышение уровня воды, высачивающейся (выклинивающейся) на откосе канала (в придренной области), над уровнем в регулирующей сети (рис. 3.3, *б*;  $\Delta h$  – высота выклинивания грунтовых вод на откосе канала).

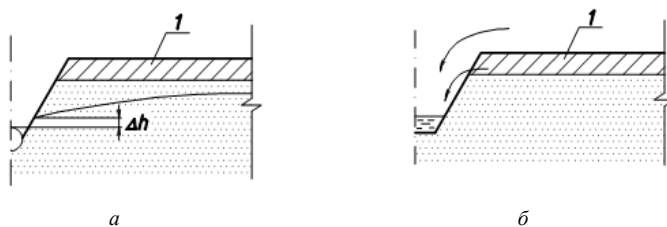


Рис. 3.3. Принципы действия регулирующей сети:  
*а* – собирательный; *б* – дренажный

### 3.3. Осушение почв открытой регулирующей сетью

Открытую регулирующую осушительную сеть применяют при всех типах водного питания. Это наиболее простой и дешевый способ осу-

шения болотных и избыточно увлажненных минеральных почв. Открытой сетью осушают естественные сенокосы, пойменные затопляемые земли, леса, торфяные месторождения, а также почвы с большим содержанием закисного железа в грунтовых водах (более 14 мг/л).

Недостатки осушения открытыми каналами – низкий коэффициент земельного использования (до 0,85–0,9), затруднения в механизированной обработке почвы, необходимость в строительстве значительного количества переездных сооружений и др. На территории со сложным рельефом и при уклонах местности более 0,001 осушение каналами малоэффективно и не рекомендуется.

По расположению на плане местности регулирующая сеть может быть систематической и выборочной.

Систематическая сеть проектируется при равнинном, однородноуклонном рельефе местности. Каналы располагают равномерно, с одинаковым расстоянием между ними по всему участку.

Выборочная сеть устраивается из каналов, предназначенных для осушения отдельных переувлажненных участков – низин, замкнутых понижений, мест выклинивания грунтовых вод и т. д. Каналы устраиваются по тальвегам местности.

На плане регулирующую сеть необходимо располагать по возможности под острым углом к горизонталям (гидроизогипсам), стремиться к параллельному расположению каналов по отношению друг к другу и границам землепользователей, полей. Сопряжение каналов с проводящей сетью должно быть близким к перпендикулярному или под углом 75–90° к направлению движения потока воды в водоприемнике (реке, магистральном канале).

При сельскохозяйственном использовании осушаемых земель основные параметры осушительной системы определяются согласно следующим рекомендациям.

Расстояние между каналами систематической открытой осушительной сети рассчитывается по различным формулам (в зависимости от природно-геологических и других условий) или принимается по рекомендациям (табл. 3.5).

Длина открытых осушителей и собирателей принимается в пределах 700–1500 м. При осушении участков неправильной (сложной) конфигурации в виде исключения допускается длина каналов менее 700 м.

Глубина каналов назначается из условий обеспечения необходимой нормы осушения (минимальная для минеральных почв – 1 м, для тор-

фяных – 1,2 м; максимальная для мелких каналов-осушителей – до 1,4–1,5 м). Минимальный уклон для каналов должен быть не менее 0,0003 (при плоском рельефе – 0,0002). Оптимальным считается уклон 0,0005–0,0008. Максимальное значение уклона обосновывается результатами гидравлического расчета, чтобы не было размывающей скорости движения потока воды в канале.

Таблица 3.5. Расстояния между каналами-осушителями, м

Угодья	Торф			Суглинок		Супесь	Песок
	низинный	переходный	верховой	средний	легкий		
Многолетний луг	100–150	100–125	75–100	75–100	100–125	125–150	100–400
Пашня, пастбище	75–125	75–100	50–100	50–100	75–100	100–125	100–300

Поперечное сечение открытых осушителей и собирателей принимается трапецеидальной формы. Коэффициенты заложения откосов для торфа, глин, суглинков тяжелых составляют 1,0–1,25; суглинков легких, супесей – 1,25–1,5; песков крупно- и мелкозернистых, пылеватых – 1,5–2,0. Ширина по дну – 0,4–0,6 м (рис. 3.4).

Глубина каналов, принимающих воду из осушителей, должна быть на 0,2–0,3 м больше глубины осушителей. Проводящие каналы (транспортирующие) располагают по наиболее низким местам (по возможности перпендикулярно к горизонталям местности). Их размеры определяют гидравлическими расчетами.

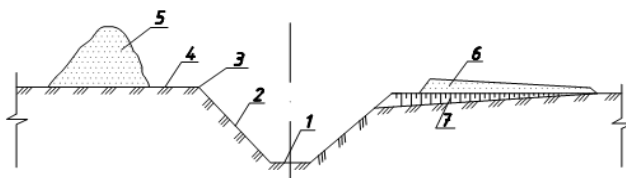


Рис. 3.4. Поперечное сечение канала:  
1 – дно; 2 – откос; 3 – бровка; 4 – берма; 5 – неразработанный кавальер;  
6 – разравненный кавальер; 7 – воронка

При устройстве открытой осушительной сети применяются одноковшовые эксковаторы ТЭ-2М, Э-352А, З-304, ЭО-5126, ЭО-2621В-3, плужные прицепные ЛКА-2М и навесные каналокопатели ПКЛН-500,

КН-600, фрезерный навесной каналопатель КФН-1200, плужно-ро-  
торный каналопатель МК-23А, а для ее ремонта – каналочистители  
МР-7А и др.

### 3.4. Осушение почв закрытой регулирующей сетью

#### 3.4.1. Виды дренажа и условия его применения

При этом способе осушения избыточная вода с толщи расчетного  
слоя почвы отводится по устроенным в подпочвенном слое полостям с  
заданным уклоном – дренам. Виды закрытой осушительной сети пред-  
ставлены на рис. 3.5.

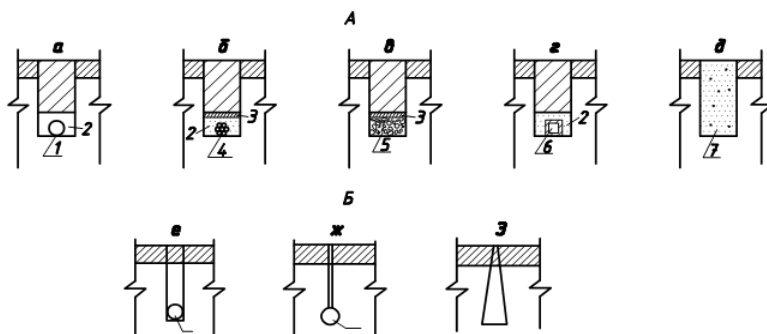


Рис. 3.5. Виды закрытой осушительной сети:

- А* – траншейная; *а* – керамическая (пластмассовая); *б* – фашинная;  
*в* – каменная; *г* – дощатая; *д* – фильтрационная; *е* – узкотраншейная;  
*Б* – бестраншейная; *ж* – кротовая; *з* – щелевая; *1* – труба;  
*2* – присыпка гумусовой почвой; *3* – дерн; *4* – фашина; *5* – камень;  
*6* – дощатая труба; *7* – кротовина

При устройстве закрытой осушительной сети повышается коэффи-  
циент земельного использования; исключаются препятствия при про-  
ведении механизированных сельскохозяйственных работ; упрощается  
эксплуатация систем; сокращается количество гидротехнических со-  
оружений; существенно улучшается оперативность в управлении вод-  
ным режимом. Закрытый дренаж эффективен при любых почвенно-  
рельефных условиях, где открытую систематическую сеть технически  
применять нельзя или экономически невыгодно.

Закрытый дренаж состоит из расположенных на определенной глу-  
бине и расстоянии друг от друга пустотных полостей, стенки которых

укреплены тем или иным материалом (материальный дренаж) или остаются уплотненными незакрепленными (нематериальный дренаж).

По отношению к поверхности земли дренаж бывает трех видов: *горизонтальный* – дрены и собиратели располагаются примерно параллельно поверхности земли; *вертикальный* – регулирующая сеть устраивается вертикально к поверхности земли (скважины, колодцы); *комбинированный* – сочетание горизонтального с вертикальным дренажем.

Закрытый дренаж применяют для осушения болот и избыточно увлажненных земель при коэффициенте фильтрации почвогрунтов более 0,01 м/сут при грунтовом и грунтово-напорном, смешанном и намывном водном питании. Закрытые собиратели устраивают при осушении слабоводопроницаемых грунтов атмосферного типа водного питания и коэффициенте фильтрации менее 0,01 м/сут.

Закрытый дренаж устраивается траншейным (ширина траншеи – 50 см), узкотраншейным (ширина траншеи – 12–30 см) и бестраншейным способами. Бестраншейный способ наиболее производительный. Он используется при укладке гибких (пластмассовых и других) дренажных труб, устройстве кротового и шелевого дренажа.

Керамический дренаж (рис. 3.6) устраивается траншейным способом. Для его устройства применяются трубы длиной 33 см. Согласно ГОСТ 8411 их изготавливают круглыми и многогранными по наружной поверхности с внутренним диаметром 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250 мм. Регулирующая сеть дренажа устраивается из труб диаметром 50, реже 75 мм, коллекторы – из труб больших диаметров (75 мм).

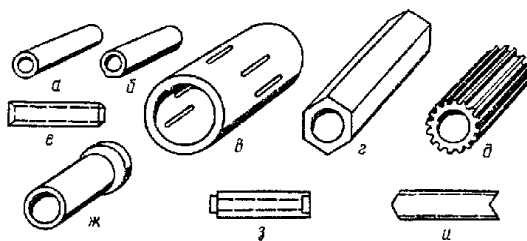


Рис. 3.6. Керамические дренажные трубы:  
*а, г* – цилиндрические и граненые; *б* – с опорной плоскостью;  
*в* – перфорированные; *д* – рифленые; *е* – с фасками; *ж* – раструбные;  
*з* – фланцевые; *и* – с фигурным торцом

Пластмассовые дренажные трубы изготавливают из полиэтилена, поливинилхлорида и других пластмассовых материалов (рис. 3.7).

Достоинства пластмассового дренажа: легкость, технологичность в строительстве, лучшие технико-экономические показатели при их изготовлении и укладке дренажа. Наружный диаметр их составляет 50, 63, 75, 90, 110, 125 мм, толщина стенок – от 0,5 до 1,9 мм. Изготавливаются они гофрированными, спиральными или гладкостенными. Гофрированные трубы имеют длину 60–200 м и поставляются в бухтах. Гладкостенные с толщиной стенок до 3–4 мм применяют в основном для устройства коллекторной части дренажной сети. Поставляются в пачках (пакетах). Длина их колеблется от 5 до 12 м.

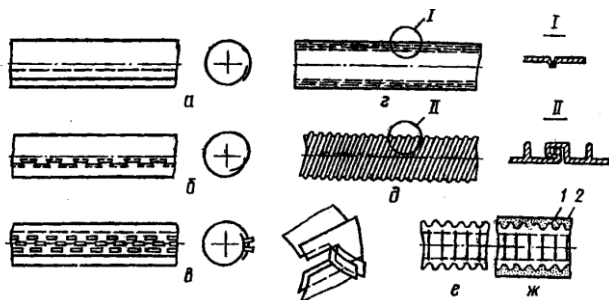


Рис. 3.7. Пластмассовые дренажные трубы:  
*а* – пленочные с упруго поджатым швом; *б* – пленочные со швом «молния»;  
*в* – пленочные со швом-перфорацией; *г* – пленочные гладко-стенные перфорированные; *д* – пленочные спиральновитые из профилированной ленты; *е* – гофрированные без защиты; *ж* – гофрированные, защищенные от заилиenia; *1* – салфетка; *2* – фильтрующий материал

Соединение коллектора с дренажем без фасонных деталей осуществляется двумя способами: впритык или внахлест. Применение фасонных соединительных деталей сокращает затраты времени (в 2–5 раз), повышает прочность и надежность узловых соединений. Для этого применяются дренажные тройники, пластмассовые втулки и угольники, керамические, фасонные трубы, соединительные муфты, переходники, заглушки и др.

Для предотвращения механического заилиenia дренажей применяют различные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ) (рис. 3.8): органические (мох, торф, солома и др.) и минеральные (песчано-гравийные смеси, шлаки, гранулированные отходы химической промышленности, искусственные стеклоткани, стеклохолсты и т. д.). Чтобы ЗФМ обеспечивали надежную работу дренажа, их коэффициент фильтрации

должен превышать водопроницаемость песчаных грунтов не менее чем в 5, торфяных – в 10, тяжелых – в 20 раз.

Наиболее широкое применение получили рулонные искусственные ЗФМ (стеклохолсты, стеклоткани), а для пластмассовых труб – нанесение на их поверхность пневмоэкструзионным способом защитной бесшовной фильтрующей оболочки из волокнисто-пористого полиэтилена. Рулонные ЗФМ должны иметь коэффициент фильтрации не менее 20 м/сут, не пропускать частиц грунта размером более 0,05 мм, защищать дренаж от закисных соединений железа при содержании его не менее 3 мг/л и при pH 3,5–9,0.

Для гарантированной защиты толщина слоя рулонного ЗФМ должна быть не менее 1 мм, а для коллекторных керамических труб диаметром более 75 мм – не менее 2 мм.

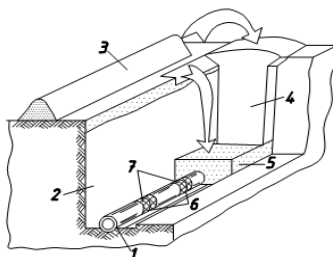


Рис. 3.8. Конструкция дрены:

- 1 – дренажные трубы; 2 – траншея; 3 – вынутый из траншеи грунт;
- 4 – траншейная засыпка; 5 – присыпка гумусовой почвой;
- 6 – стыковые зазоры; 7 – защитно-фильтрующий материал

При коэффициенте фильтрации грунта менее 1 м/сут кроме защиты водоприемных отверстий рулонным ЗФМ устраиваются объемные фильтры. Это присыпки дрен до глубины 30 см или полная засыпка дренажной траншеи пористым материалом (щебень, гравий, керамзит, древесная щепа и т. п.). Они значительно увеличивают водоприемную способность дренажа.

Кротовый дренаж применяют на тяжелых (глинистых) и торфяных почвах в сочетании с керамическим, полиэтиленовым дренажем и открытыми каналами. Кротовые дрены устраиваются длиной 100–200 м с уклоном 0,003–0,005, глубиной 0,5–0,7 м, диаметром 6–8 см.

Щелевой дренаж устраивается на торфяных почвах. Длина щелевых линий – до 300 м. Расстояние между ними равно 20–40 м, глубина – 0,7–0,9 м.

Назначение кротового и щелевого дренажей – ускорить отвод избыточных поверхностных и грунтовых вод из корнеобитаемого слоя почвы.

В состав закрытой осушительной системы входят: постоянная регулирующая сеть – дренаж; временная – кротовый и щелевой дренажи; проводящая и оградительная сеть; водоприемник; дороги и гидротехнические сооружения и т. д.

### 3.4.2. Определение основных параметров закрытой регулирующей сети

Основными параметрами дренажной осушительной системы являются: глубина и длина дрен, коллекторов, каналов, расстояние между ними и их уклоны.

Минимальная глубина заложения дрен и собирателей принимается для глинистых и торфяных почв не менее 1,1 м, песчаных и супесчаных – 1 м, в локальных понижениях – не менее 0,8 м. Оптимальной считается глубина дрен в глинистых, суглинистых и торфяных грунтах – 1,2–1,3 м; в песчаных и супесчаных – 1,1–1,2 м.

Расстояние между дренами обуславливается не только требуемой нормой осушения, но и многими другими факторами: гранулометрическим составом почв, видом культур, глубиной дрен, величиной испарения, расчетным временем понижения уровня грунтовых вод, величиной осадков, расположением водоупора и др.

Расстояние между дренами устанавливается расчетными зависимостями и корректируется опытными данными существующих осушительных систем, построенных в аналогичных условиях, и рекомендациями научно-исследовательских организаций.

Расстояние (м) между совершенными дренами (залегаящими на водоупоре) для установившегося режима можно вычислить по формуле Кене-Брудастова

$$B = 2\sqrt{K(h^2 - h_0^2)} / q, \quad (3.1)$$

где  $K$  – коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

$h$  – напор над дренаем посередине междреннего расстояния, отсчитывают от водоупора, м;

$h_0$  – высота слоя воды в дренае, отсчитывают от водоупора, м;

$q$  – интенсивность притока воды к дренам, м/сут.

Необходимые расстояния (м) между несовершенными дренами

(рис. 3.9) для установившегося режима их работы находят по формулам А. Н. Костякова и С. Ф. Аверьянова.

При  $B/T < 3$

$$B = \frac{\pi K h}{2,31 q [(B/d) - 1]}. \quad (3.2)$$

При  $B/T > 3$

$$B = 2h \sqrt{\frac{K}{q}} \left(1 + \frac{2T}{h}\right) \alpha, \quad (3.3)$$

где  $h$  – напор над дренаем посередине междурядья, м;

$d$  – диаметр дреная, м;

$K$  – коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

$T$  – глубина залегания водоупора, м;

$\alpha$  – коэффициент висячести, учитывающий степень врезки дренажа в водоносный слой,

$$\alpha = 1 / \left( 1 + \frac{2T}{B} 2,94 \ell g \frac{1}{\sin[\pi d / (2T)]} \right). \quad (3.4)$$

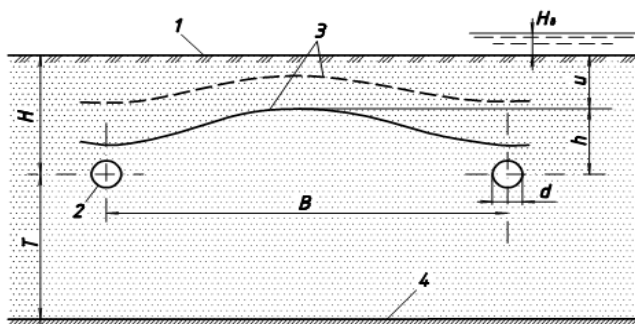


Рис. 3.9. Схема к расчету осушительного действия несовершенного горизонтального дренажа:

1 – поверхность земли; 2 – дрена; 3 – уровни грунтовых вод;

4 – водоупор

За основной расчетный период принимают весенний. После окончания снеготаяния к началу полевых работ осушительная сеть должна

понизить уровни грунтовых вод до требуемой нормы осушения. Продолжительность этого периода должна составлять 10–15 сут.

Осушительная сеть работает, как правило, в неустановившемся режиме, т. е. приток воды к дренам и напор над дренами изменяются во времени и зависимости от количества выпадающих осадков и испарения. На практике все расчеты проводят по формулам, полученным для установившегося режима. Значения интенсивности притока  $q$ , напора  $h$  берут средние за рассматриваемый период.

Расчетный приток воды в осушительную сеть за весенний период определяют на основе водного баланса:

$$W = H_{\text{в}} + \mu\alpha + P - E, \quad (3.5)$$

где  $W$  – слой воды, который необходимо отвести дренажем, м;

$H_{\text{в}}$  – слой воды, оставшийся на поверхности почвы после схода снега или выпадения осадков, приближенно  $H_{\text{в}} = 0,01\text{--}0,02$  м;

$\mu$  – коэффициент водоотдачи грунта;

$\alpha$  – требуемая норма осушения (см. табл. 3.1–3.2);

$P$  – количество осадков за рассматриваемый период, м;

$E$  – испарение за рассматриваемый период, м.

Средняя за весенний период интенсивность отвода воды (м/сут) осушительной сетью

$$q = W / t, \quad (3.6)$$

где  $t$  – продолжительность расчетного периода, сут.

Напор над дренами в течение весеннего периода значительно изменяется – в начале периода почва полностью насыщена водой и уровень грунтовых вод близок к поверхности почвы, в конце периода грунтовые воды должны опуститься до требуемой нормы осушения. Средний за этот период напор

$$h = H - 0,6\alpha, \quad (3.7)$$

где  $H$  – глубина заложения дренажа, м.

Приведенные формулы можно использовать и для расчетов расстояний между открытыми каналами. При этом условный диаметр дрены

$$d = 0,5e_{\text{к}} + h_{\text{к}}, \quad (3.8)$$

где  $e_{\text{к}}$  – ширина канала по дну, м (см. рис. 2.5);

$h_{\text{к}}$  – глубина воды в канале, м.

Расстояние между дренами рекомендуется принимать следующим: глина тяжелая – легкая – 8–15 м; суглинок тяжелый – легкий – 15–25; супесь – 25–30; песок – 30–50; торф – 20–40 м. Для лугопастбищных угодий к приведенным значениям необходимо добавлять 5–10 м.

Длина дрен принимается от 200 (при среднем уклоне местности до 0,005) до 300 м (при уклоне более 0,005). Длина коллекторов: максимальная – 1200 м, оптимальная – 600–800 м. Менее 50 м дренаи и коллекторы устраивать не рекомендуется, исключением являются частные огороды, садовые участки и фермерские сельскохозяйственные угодья. Оптимальный уклон дренажа – 0,005–0,015. Минимально допустимый – 0,002.

Диаметры дрен  $d$  и коллекторов назначают с некоторым запасом, считая их поперечное сечение полностью заполненным водой. Осушительные дренаи обычно принимают постоянного диаметра (для гончарного дренажа  $d = 5$  см). Диаметры закрытых коллекторов устанавливают, как и для открытых каналов, по формулам равномерного движения жидкости, изложенным выше в разделе 2.1 в зависимости от расхода воды  $Q$  (л/с), поступающего в него,

$$Q = q_{др} \cdot F, \quad (3.9)$$

где  $q_{др}$  – модуль дренажного стока (для Беларуси в среднем равен 0,6 л/(с·га);

$F$  – площадь осушения (водосбора) обслуживаемая коллектором, га.

При этом площадь живого сечения  $\omega$  и смоченный периметр  $\chi$  для коллекторов из труб принимают равными соответственно  $\omega = \pi d^2/4$  и  $\chi = \pi d$ .

### 3.4.3. Расположение закрытой осушительной сети на плане

По степени покрытия осушаемой площади как открытая регулирующая сеть, так и закрытый дренаж может быть систематическим, разреженным и выборочным. При систематическом дренаже дренаи более или менее равномерно распределены по осушаемой территории (рис. 3.10) с приведенными выше расстояниями между ними. В разреженном дренаже расстояние между дренами принимают в 1,5–2 раза больше рекомендуемых для данных условий, что снижает его стоимость, но для достижения необходимого гидрологического

действия материальный дренаж часто дополняют нематериальным (кротовым или щелевым). В этом случае его называют комбинированным. Выборочный дренаж проводят только по тальвегам, вымоинам, замкнутым понижениям местности и другим участкам с повышенной увлажненностью (рис. 3.11).

Расположение закрытой осушительной сети на плане является одним из самых ответственных моментов проектирования дренажа и заключается в придании определенного направления дренажным линиям по отношению к рельефу местности.

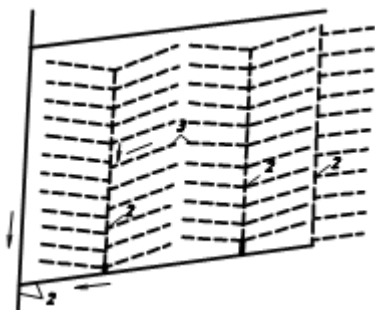


Рис. 3.10. Схема систематической дренажной сети:

- 1 – открытые каналы;
- 2 – закрытый коллектор;
- 3 – осушительные дрены

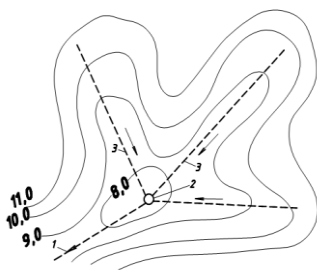


Рис. 3.11. Схема выборочного дренажа:  
1 – закрытый коллектор;  
2 – смотровой колодец;  
3 – дрены

Оградительная часть мелиоративной системы (нагорно-ловчие каналы и дрены) проектируется по границе осушаемого участка с учетом направления движения поступающих на участок грунтовых и поверхностных вод.

Магистральный канал проектируется, как правило, по самому низкому месту участка. Магистральный канал необходимо устраивать в следующих случаях:

- а) при длине коллектора более 1000 м;

б) при уклоне поверхности земли менее 0,002 и невозможности дальнейшего заглубления коллекторов;

в) при больших водосборных площадях и, как следствие этого, больших диаметрах коллекторов (прокладывание коллекторов в две нитки экономически нецелесообразно);

г) из хозяйственных соображений (устройство водопоев для скота, противопожарные нужды и др.).

Закрытая проводящая сеть (коллекторы разных порядков) обычно проектируется по пониженным частям рельефа. При этом расстояние между коллекторами определяется допустимой длиной дрен и возможностью их двустороннего впадения в коллекторы.

При расположении в плане необходимо, чтобы соблюдались следующие основные условия:

1. Уклоны дна дрен должны находиться в допустимых пределах (0,002–0,02). Наилучший уклон 0,006–0,008.

2. Глубина дрен на всем их протяжении должна как можно меньше отличаться от проектной ( $\pm 0,2$ – $0,3$  м).

3. Дрены по мере возможности должны проектироваться перпендикулярно или под острым углом к направлению грунтового и поверхностного потоков.

Кроме того, необходимо учитывать и целый ряд других факторов, а именно:

1. В плане дрены с коллекторами необходимо стремиться сопрягать под углом  $90^\circ$ . При невозможности обеспечить прямой угол впуск дрен в коллекторы следует осуществлять под углом не менее  $60^\circ$ .

2. С целью уменьшения длины проводящей сети нужно стремиться к двустороннему вводу дрен в коллекторы, а коллекторов – в магистральный канал. При этом противолежащие дрены (коллекторы) должны смещаться минимум на 2–5 м относительно друг друга.

3. Каналы и закрытые коллекторы должны иметь минимальное количество поворотов и пересечений с дорогами и другими сооружениями. Дрены, как правило, проектируются без поворотов.

4. Следует избегать ввода одиночных дрен в открытые каналы.

5. Уклон дна коллектора желательно проектировать одинаковым по всей длине или же увеличивающимся к устью.

6. Ловчие закрытые дрены предусматриваются при водосборных площадях менее 10–40 га. Во всех других случаях необходимо проектировать ловчие и нагорные каналы. Располагать их необходимо, как правило, по границам участка перпендикулярно к направлению грунтового и поверхностного потоков.

7. При проектировании дрен и коллекторов необходимо располагать их через пониженные точки местности, минуя отдельные возвышенности.

8. Дрены принято располагать от границы осушаемого участка на расстоянии  $B/2$ , а верхние концы дрен удалять от всей границы на  $B/3$ . Расстояния между сходящимися концами дрен принимаются равными  $B/3-B/4$ , а между такими перпендикулярными концами и дренаем или коллектором –  $B/2$ . От открытого канала дренаи удаляются при глубине канала 1,5 м на  $B$ , при глубине 1,6–2,0 – на  $1,5B$  и при глубине 2,1–3,0 м – на  $2B$  ( $B$  – расстояние между дренами).

9. В местах резких поворотов коллектора (менее  $120^\circ$ ), а также при сопряжении в одном месте впадения нескольких коллекторов или изменении уклона коллектора устраивают смотровые колодцы (регуляторы).

### **3.5. Особенности осушения тяжелых по гранулометрическому составу почв**

В комплекс сооружений и мероприятий для организации стока и отвода поверхностных вод входят:

– ложбины и воронки стока, колодцы-поглотители, закрытые собиратели с фильтрующей засыпкой траншей, с установкой колонок-поглотителей или засыпкой траншей в некоторых местах хорошо фильтрующим материалом (для отвода воды из замкнутых понижений в проводящую сеть) или водоемы-копани (рис. 3.12–3.15);

– водоемы-копани (для аккумуляции почвенного и дренажного стока при невозможности или экономической нецелесообразности строительства на объекте открытой проводящей сети);

– планировка поверхности мелиорируемых земель бульдозером и длиннобазовым планировщиком (для предотвращения застаивания поверхностных вод в понижениях местности);

– глубокое рыхление почв среднего и тяжелого гранулометрического состава (для улучшения водно-физических свойств и водно-воздушного режима этих почв) и др.

В данном разделе освещаются особенности проектирования ложбин стока, колодцев-поглотителей, водоемов-копаней, раскрытия западин и понижений, планировки мелиорируемых площадей, агромелиоративных мероприятий.

*Ложбины стока* (рис. 3.14) прокладываются по наиболее низким элементам рельефа. Максимальная глубина ложбин – 0,6 м, минималь-

ная – 0,2 м, уклон более – 0,002. Заложение откосов должно быть не менее 1:10, уклон дна – не менее 1,0 ‰, длина – не более 400 м (при  $i = 0,002–0,001$  не более 200 м).

Засеваемые ложбины в процессе эксплуатации мелиорируемых земель должны восстанавливаться силами землепользователей через каждые 4–5 лет. При устройстве ложбин стока предусматриваются мероприятия по сохранению гумусового слоя.

При проектировании западинных ложбин гидравлического расчета не требуется, а по тальвеговым ложбинам они приводятся при  $Q^{10\%}$  более 0,05 м<sup>3</sup>/с и уклоне более 0,05.

*Колодцы-поглотители* желательнее размещать по границам полей севооборотов, дорог, опор линий электропередач, чтобы не создавать помех при обработке мелиорируемых земель. Поверхность земли вокруг колодца срезается с расчетом, чтобы образовалось воронкообразное понижение в форме усеченного конуса с глубиной у стен колодца 0,25–0,3 м.

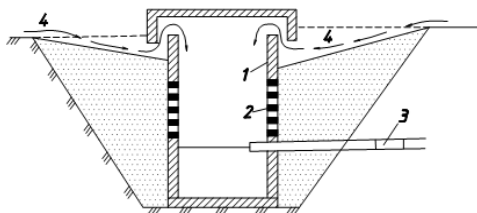


Рис. 3.12. Схема открытого колодца-поглотителя:

- 1 – железобетонная труба (в виде колец); 2 – отверстия с решеткой и фильтром;  
3 – отводящий коллектор; 4 – направление движения поверхностной воды

Для отвода воды из колодца-поглотителя необходимо предусматривать автономные коллекторы. Количество колодцев и колонок-поглотителей зависит от расчетного объема стока весеннего половодья и допустимого времени застоя воды на поверхности (10–15 сут).

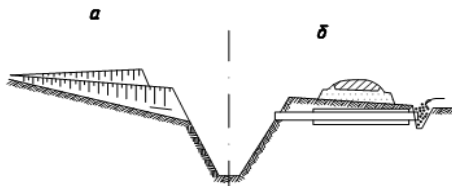


Рис. 3.13. Воронки: а – открытая; б – закрытая

*Водоемы-копани* сооружаются в качестве водоприемников для сброса поверхностного и дренажного стока главным образом при осушении земель с западинным рельефом, а также для аккумуляции воды для противопожарных и бытовых нужд, отдыха, а также как природоохранные объекты.

Местоположение водоемов-копаней следует назначать с учетом комплексного использования водоемов, вблизи населенных пунктов, дорог, границ полей севооборотов.

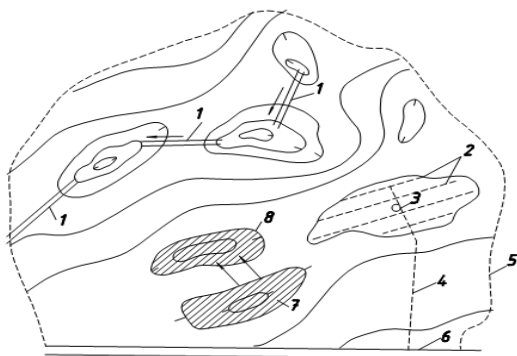


Рис. 3.14. Схема осушения земель со сложным рельефом:

- 1 – ложбины стока; 2 – закрытые собиратели; 3 – поглотительный колодец;
- 4 – транспортирующий собиратель; 5 – граница осушения; 6 – водоприемник;
- 7 – срезанный бугор; 8 – засыпанное понижение

Наиболее приемлемая форма водоема-копани в плане – прямоугольная. Длинную сторону водоема необходимо располагать в направлении вспашки полей. Могут быть и овально-криволинейная, круглая и другие формы копани. Форму водоема следует принимать в соответствии с формой понижения с целью уменьшения объема земляных работ при отрывке. Крепление откосов, как правило, осуществляется путем посева трав. Для предохранения размыва откосов поверхностными водами по периметру водоема устраиваются ловчие канавки с воронками стока в понижениях рельефа, закрепленные сплошной одерновкой. По берегам водоема-копани организуются природоохранные прибрежные полосы и водоохранные зоны шириной не менее 20 м.

Глубина водоемов-копаней должна быть не более 3,0–3,5 м исходя

из усложнения технологии производства работ. Рассчитывают ее на объем весеннего стока 10%-ной обеспеченности.

*Ликвидация (раскрытие) западин и понижений.* Западины глубиной менее 0,15 м и площадью менее 0,03 га засыпают в процессе планировки длиннобазовым планировщиком. При большей площади предусматривается их засыпка привозным грунтом или отвод воды из западин дренажем с фильтрующей засыпкой или установкой колонок-глотителей.

Глубокие сильно обвалуненные болотные и минеральные заболоченные замкнутые понижения, покрытые древесно-кустарниковой растительностью, рекомендуется оставлять в естественном состоянии в качестве водоохраных и природоохраных объектов.

*Планировка* мелиорируемых земель подразделяется на строительную, послеосадочную и эксплуатационную.

Строительная планировка включает снятие и буртование растительного слоя с последующей подвижкой его на спланированную площадь; засыпку старых ликвидируемых каналов, карьеров, ям, староречий; засыпку понижений, разравнивание кавальеров; выравнивание поверхности и т. д.

Послеосадочная планировка производится через 1–2 года после строительной и включает вспашку и разделку пласта, ликвидацию просадок, выравнивание поверхности.

Эксплуатационная планировка выполняется землепользователями ежегодно в качестве завершающей операции предпосевной обработки почвы.

Для планировки земельных площадей применяют бульдозеры типа Т-130 «М», скреперы типа ДЗ-13А, грейдеры типа А-120.

*Агромелиоративные мероприятия.* Для повышения эффективности гидромелиорации земель и снижения ее стоимости осушение в большинстве случаев дополняют проведением комплекса агромелиоративных мероприятий. В первую очередь эти мероприятия направлены на регулирование водного режима почв и применяются совместно с инженерными методами. Как самостоятельный способ осушения агромелиоративные мероприятия применяют редко, поскольку одними этими мерами не всегда удается достичь желаемого эффекта. Агромелиоративные мероприятия должны способствовать своевременному отводу избыточных вод с осушаемой территории при ее переувлажнении и в то же время по возможности обеспечить накопление влаги в подпахотных слоях для использования ее сельскохозяйственными культурами в

засушливые периоды. По своему действию на водный режим почв агрономелиоративные мероприятия подразделяют на следующие группы.

1. Мероприятия, обеспечивающие быстрый отвод избыточной воды по поверхности почвы и частично по пахотному слою. К ним относят устройство ложбин, узкозагонную вспашку, профилирование поверхности почвы, выборочное бороздование, гребневую и грядовую вспашку. Мероприятия этой группы ускоряют просыхание пахотного слоя в ранневесенний период и сокращают период переувлажнения этого слоя после обильных дождей, предохраняя сельскохозяйственные культуры от вымокания.

2. Мероприятия, которые ускоряют отвод избыточной воды по подпахотному слою. К ним относятся кротование и щелевание.

3. Мероприятия, предназначенные для увеличения влагоемкости, создания дополнительных запасов продуктивной влаги в подпахотном слое. Это безотвальное рыхление, разуплотнение пахотного слоя, глубокая вспашка. Такие приемы не только способствуют перераспределению влаги по почвенному профилю, но и ускоряют сброс избыточной воды из верхних почвенных слоев.

Более подробно агрономелиоративные приемы (рис. 3.15), применяемые в ходе указанных мероприятий, описаны ниже.

Узкозагонную вспашку применяют на сравнительно ровных полях при атмосферном водном питании. Расстояние между бороздами при такой вспашке должно быть 12–15 м при уклоне поверхности земли менее 0,002 и 15–20 м – при больших уклонах.

Профилирование применяют на безуклонных площадях и формируют нужный профиль поверхности земли путем повторного проведения узкозагонной вспашки загонами той же ширины при неизменном положении свалов и развалов.

Выборочное бороздование применяют на полях с неровным рельефом, имеющим замкнутые (бессточные) понижения. Его выполняют с помощью специальных бороздоделов. При их отсутствии борозды можно делать навесным однокорпусным плугом, а при неглубоких западинах – даже конным окучником или плугом. Глубина борозд достигает 25–30 см. Борозды выводят в открытые каналы. Бороздование проводят после вспашки (при подъеме зяби) или сразу же после посева озимых или яровых культур. Направляют борозды от канала вверх по уклону местности.

Гребневание почвы рекомендуется проводить для пропашных культур на безуклонных полях с тяжелыми суглинками, имеющими низкую водопроницаемость. Гребневание заключается в создании

гребней с чередованием борозд. Расстояние между гребнями составляет 0,7 м. Межгребневые борозды углубляют при каждой очередной междурядной обработке пропашных культур. После завершения последней обработки нарезают поперечные водоотводные борозды и соединяют их с каналами. При этом расчищают пересечения с межгребневыми бороздами. Гребневую вспашку чаще всего проводят весной при предпосевной обработке почвы.

Грядование аналогично гребневанию с той лишь разницей, что расстояние между бороздами при грядовании увеличивается вдвое и составляет 1,4 м.

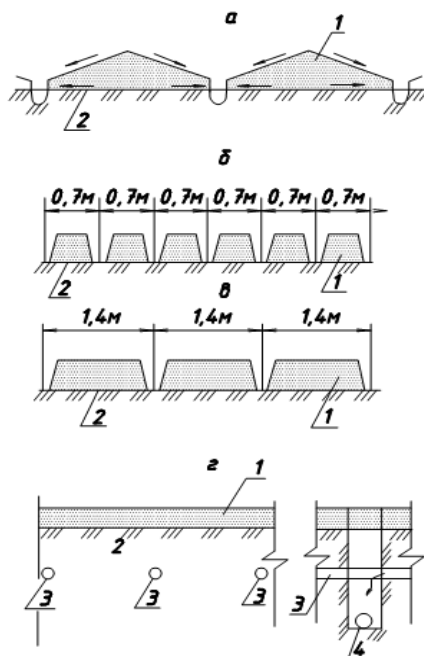


Рис. 3.15. Агромелиоративные приемы:  
*a* – узкозагонная вспашка; *б* – гребневание;  
*в* – грядование; *г* – котование;  
 1 – пахотный слой; 2 – подпочва;  
 3 – кротовины; 4 – материальные дрены

Кротование представляет собой систему подпочвенных полостей – кротовин, проходящих параллельно друг другу через 1–2 м на глубине

35–40 см. Кротование проводят поперек расположения закрытых линий материального дренажа. Такая сеть обеспечивает мощную гидравлическую связь пахотного слоя с закрытой сетью, позволяет быстро отводить избыток воды по подпахотному слою и к тому же способствует аккумуляции влаги в нем.

Для нарезки кротовин глубиной до 1,2 м используют прицепные кротодренажные устройства ДК-2, Д-659А или кротовые машины ДНК-2, ДК-80(100), представляющие собой вертикальный нож, на нижнем конце которого имеется специальное расширение или дрена диаметром 5–7 см. Кротование применяют на кротоустойчивых тяжелых почвах, а также на торфяно-болотных.

Одним из наиболее распространенных агромерелиоративных мероприятий в Беларуси является глубокое рыхление подпахотного слоя. Глубокое рыхление почв проводят на полях, где имеется закрытая осушительная сеть. С помощью глубокого рыхления изменяются водно-физические характеристики почв и их водный режим. Этот прием позволяет снизить объемную массу подпахотных слоев в среднем на 10 %, а в первый год проведения этого мероприятия она уменьшается на 20 %. Порозность и полная влагоемкость соответственно возрастают. При глубоком рыхлении увеличиваются водопроницаемость почвы и объем дренажного стока. В начальный период после рыхления водопроницаемость пахотного слоя увеличивается в 2–4 раза, а подпахотного на глубине 50 см – более чем в 25 раз. Однако со временем это влияние затухает. Уже через три-четыре года водопроницаемость приближается к исходной.

Глубокое рыхление заметно повышает осушительное действие закрытой сети, увеличивая объем стока и уменьшая продолжительность подтопления корнеобитаемого слоя. В зависимости от водности тепло-го сезона года подтопление почвы сокращается на 6–25 сут. Улучшение водно-физических свойств почвы и повышение приточности к дренажу приводят к более благоприятному перераспределению влаги по всему разрыхляемому слою. В летние засушливые периоды подпахотный слой, как правило содержит влаги на 5–10 % больше, чем в варианте без рыхления. Такое воздействие глубокого рыхления на почву позволяет увеличить расстояние между регулирующей сетью, не снижая эффекта осушения. Вместе с тем следует отметить, что глубокое рыхление почв не всегда эффективно без устройства закрытой сети.

Минеральные почвы, особенно тяжелого гранулометрического состава, в результате многократной их обработки сельскохозяйственной техникой подвергаются уплотнению. Различают первичное (есте-

ственно-генетическое) и вторичное (искусственное) уплотнение. Первичное уплотнение почвы уменьшает осушительное действие закрытой сети, снижает плодородие почвы. Для уплотненных почв характерны высокая набухаемость, появление трещин при высыхании, малая водо- и воздухопроницаемость, ухудшение водно-физических свойств, слабая микробиологическая активность и высокое сопротивление при обработке.

Вторичному уплотнению наиболее подвержены тяжелые и средние почвы, продолжительное время находящиеся в сельскохозяйственном использовании. Вторичное уплотнение почвенной структуры также увеличивает массу твердой фракции (объемную массу), уменьшает водо- и воздухопроницаемость, в результате чего снижается осушительное действие закрытых систем и падает плодородие почвы. Одновременно с этим повышается сопротивляемость обработке почвы.

Причины, вызывающие вторичное уплотнение почв, делят на три группы: *биологические*, *химические* и *механические*. Особое место среди них занимают механические. В их число входят увеличение численности операций при обработке полей, особенно при повышенной влажности, а также применение тяжелой сельскохозяйственной техники.

Для повышения эффективности плодородия уплотненных почв и улучшения условий их обработки требуется проведение мероприятий по их разуплотнению. Кроме того, чтобы ликвидировать переуплотнение почвы и эффективнее ее использовать, прибегают к другим мелиоративным приемам. Почвы первичного уплотнения, если они были переувлажнены, осушают традиционными способами с добавлением ранее перечисленных агро-мелиоративных мероприятий. При вторичном уплотнении необходимы дополнительные меры. В их состав входят формирование оптимальной структуры посевных площадей с повышением доли многолетних трав, внесение повышенных доз органических удобрений, глубокая обработка почвы, ограничение непроизводительных перемещений техники, правильный выбор механизмов для производства полевых работ. В дополнение к этим приемам рекомендуется глубокое рыхление уплотненной части почвенного профиля.

### **3.6. Специальные виды осушения**

#### **3.6.1. Польдерные осушительные системы**

Поймы рек, затапливаемые весенними полыми водами, являются ценными сельскохозяйственными угодьями и служат хорошей базой

для обеспечения животноводства травяными кормами. Однако многие поймы рек, особенно на Полесье, не используются в полной мере вследствие длительного затопления и произрастания на пойме малоценных видов трав. При этом значительные площади пойм и других затопляемых территорий заносятся рыхлопесчаными отложениями, которые существенно снижают плодородие пойменных земель. Поэтому луга на естественной пойме часто требуют коренного улучшения, проведения комплекса мероприятий, включающих осушение отдельных участков поймы и защиту их от затопления.

Мелиорация таких участков должна решить следующие основные задачи: упорядочить режим затопления пойм полыми водами по длительности и равномерности, а также отрегулировать количество и качество наносов, поступающих на пойму с полыми водами. После прохождения паводков на поймах необходимо поддерживать водный режим, требуемый для растений и проведения полевых сельскохозяйственных работ.

В естественных условиях из-за изменчивости гидрологических условий водный режим на поймах подвержен значительным колебаниям во времени и пространстве. В многоводные годы поймы затопляются длительно, в маловодные – на непродолжительное время, а иногда выхода воды на пойму вообще не наблюдается.

Водный режим в период вегетации в значительной степени обуславливается метеорологическими условиями. Если с весны после половодья пойменные почвы и растения почти всегда обеспечены влагой, то в засушливые периоды (летом) они могут испытывать ее недостаток. Это приводит к снижению продуктивности лугов и неустойчивости обеспечения скота травяными кормами.

Для обоснования мелиорации поймы необходимо установить причины, обусловившие формирование неудовлетворительного водного режима, определить условия заболачивания, типы водного питания, состояние водоприемника и возможность использования его как водисточника для увлажнения, а также ряд показателей, характеризующих природные условия мелиорируемой поймы.

Для защиты от затопления водой при разливах рек и озер в период половодья и паводков применяют: обвалование – ограждение дамбами (валами), регулирование русла и разгрузку рек (мероприятия на водосборном бассейне, сооружение водохранилищ, переброска части стока в бассейн другой реки и т. д.). Нестроительные противопаводковые мероприятия включают размещение строений и посевов ценных культур вне затопляемых земель, своевременный прогноз паводков, изве-

щение о них с эвакуацией населения из зоны затопления и страхование посевов.

На практике для регулирования продолжительности затопления пойм и низменностей могут применяться польдерные мелиоративные системы. Польдерная мелиоративная система представляет собой совокупность гидромелиоративных сооружений, предназначенных для регулирования водного режима на периодически или постоянно затапливаемых землях. Отличительным элементом польдерной системы являются дамбы обвалования (рис. 3.16).

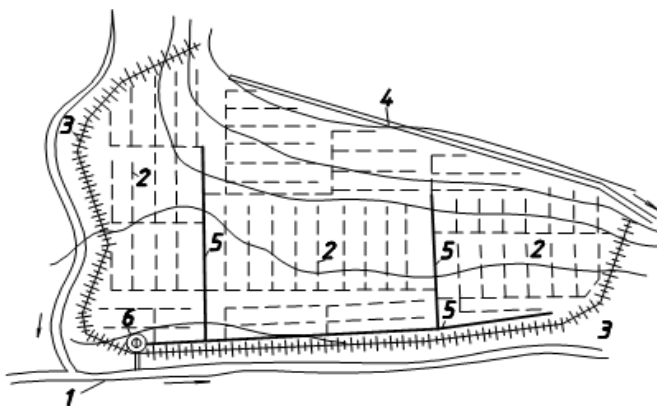


Рис. 3.16. Польдерная осушительная система:

1 – водоприемник; 2 – регулирующая сеть; 3 – дамба обвалования;  
4 – оградительный канал; 5 – проводящая сеть; 6 – насосная станция

По способу удаления воды с осушаемых земель польдерные системы подразделяются на системы с машинным водоотведением и самотечные. Обязательным элементом польдерных систем с машинным водоотведением является насосная станция, с помощью которой собираемые избыточные воды перекачиваются за дамбы обвалования в водоприемник. На самотечных польдерных системах водоподъемные устройства отсутствуют.

В зависимости от схемы расположения дамб обвалования польдерные системы делят на незамкнутые и замкнутые. У незамкнутых польдеров дамбы обвалования своими концами сопрягаются с повышенными элементами рельефа, которые служат естественной преградой от затопления. Замкнутые дамбы образуют замкнутый контур.

Польдерные системы в зависимости от конструкторских решений и обусловленного ими гидрогеологического режима, создаваемого на мелиорируемой территории в соответствии со структурой сельскохозяйственного использования обваловываемых земель, подразделяются на три типа: *незатапливаемые* (зимние), *затапливаемые* (летние), *затапливаемые с регулируемой длительностью затопления* (весенние).

Зимние польдеры ограждаются незатапливаемыми дамбами, которые исключают затопление земель на польдере при максимальных паводках с повторяемостью (обеспеченностью), установленной в зависимости от характера использования земель на польдере. На летних польдерах дамбы обвалования и земли на польдере могут затапливаться весенним половодьем, но не затапливаться летне-осенними паводками. Аналогично проектируют и польдеры с регулируемой длительностью затопления (весенние), но здесь дополнительно предусматривается сокращение срока весеннего затопления почвы.

Если на участке проектируют два вида польдеров, например зимний и летний, такой польдер называют совмещенным (комбинированным).

Таким образом, на летнем польдере затопление поверхности почвы и дальнейшее освобождение ее от поверхностных вод происходит в режиме естественного весеннего половодья. Откачка воды насосной станцией производится только для сброса до нормы осушения избыточных вод, оставшихся в понижениях, каналах и почве.

Летние польдеры проектируют при выполнении следующих условий: максимальные уровни летне-осенних паводков ниже весенних половодий; обвалованные земли используют под культуры, допустимая продолжительность весеннего затопления которых больше фактической; при отсутствии на польдере жилых и производственных построек; с целью сохранения весеннего половодья с экологической точки зрения, например сохранения мест нереста рыб и др.

В свою очередь, на весеннем польдере затопление поверхности почвы производится также в естественном режиме половодья, но сброс воды начинается насосной станцией сразу же после выхода из-под воды гребней дамб и водосливов-прорезей по всему периметру ограждения. При этом снижение уровня воды в весеннем польдере предусматривается более интенсивное, чем естественный спад в реке. Это обеспечивает сокращение длительности естественного затопления.

Весенние польдеры рекомендуют проектировать на поймах с длительностью затопления, превышающей допустимое затопление плани-

руемых к возделыванию видов трав. Для рек Белорусского Полесья при использовании засеваемых земель под травы можно применять весенние польдеры, когда продолжительность весеннего затопления 15%-ной обеспеченности превышает 45 сут.

При необходимости дополнительного увлажнения в период вегетации сельскохозяйственных культур, выращиваемых на польдере, проектируются осушительно-увлажнительные или осушительно-оросительные системы. В целом конструкция польдерной системы определяется условиями объекта мелиорации, его сельскохозяйственным использованием, требованиями охраны окружающей среды.

Дамбы обвалования необходимо располагать так, чтобы они в минимально возможной степени влияли на водный режим водотока. Для этого на плане намечают несколько вариантов трассировки дамб относительно водоприемника. Для каждого варианта определяют объем работ с учетом требований охраны окружающей среды и проводят технико-экономические расчеты. За окончательный вариант принимают тот, который имеет наименьшие приведенные затраты.

Оградительные дамбы размещают с учетом расположения прирусловых валов и возвышенных участков поймы. Это позволяет уменьшить объемы земляных работ. Расстояние от водоприемника до основания дамбы назначают с учетом требований землепользователей, водопользователей и обеспечения нормального функционирования природных экосистем. Однако во всех случаях это расстояние должно превышать ширину прибрежной водоохранной полосы.

Дамбирование части поймы не должно существенно нарушать режим потока воды в реке при прохождении паводков. Трассируют дамбы по возможности в общем направлении движения паводковых вод.

### **3.6.2. Вертикальный дренаж**

*Вертикальный дренаж* – один из способов гидромелиораций, позволяющий оперативно управлять водным режимом почв, экономно расходовать водные ресурсы, автоматизировать процессы регулирования почвенной влагой как при осушении, так и при увлажнении.

Осушение вертикальным дренажем осуществляется путем откачки воды насосами из специальных вертикальных колодцев-скважин, заложенных в водоносном слое, или путем самотечного отвода из напорного водоносного слоя. Воду отводят в ближайший искусственный (пруд, водоем, водохранилище) или естественный водоприемник. Вода может использоваться также на увлажнение, орошение и другие

хозяйственные нужды с забором непосредственно из скважин или искусственных водоемов-накопителей (рис. 3.17).

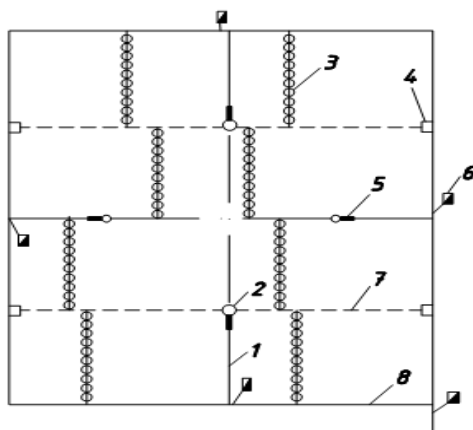


Рис. 3.17. Схема осушительно-увлажнительной системы на базе вертикального дренажа:

- 1 – сбросной канал; 2 – вертикальные дренажи;
- 3 – дождевальная машина «Волжанка» («Днепр»);
- 4 – передвижная насосная станция;
- 5 – пленочный экран; 6 – шлюз-регулятор;
- 7 – разборный трубопровод;
- 8 – ограждающие каналы

Целесообразность устройства системы вертикального дренажа определяется водохозяйственными и технико-экономическими расчетами на основе разрабатываемых вариантов.

Выбор площадей для проектирования систем вертикального дренажа осуществляется на основании имеющихся гидрогеологических карт района, отчетов по инженерно-геологическим и гидрогеологическим изысканиям и съемок, выполненных на данной и прилегающей территории.

Вертикальный дренаж целесообразен при осушении заболоченных котловин и плоских низменностей, удаленных от водоприемников. Осушение и регулирование грунтовых вод им производится на объектах грунтового и грунтового-напорного водного питания, на постоянно подтапливаемых землях со стороны водоемов и водотоков.

Участки должны быть однородными с песчаными грунтами, тор-

фами любой мощности, супесями и легкими суглинками мощностью до 2 м, развитыми на хорошо водопроницаемых песчаных отложениях. Вертикальный дренаж проектируется при условии мощности водоносного пласта ( $m$ ) не менее 15 м, при коэффициенте фильтрации ( $K$ ) более 5 м/сут и проводимости водоносного пласта  $T = K \cdot m$  более 150 м<sup>2</sup>/сут.

Технически и экономически вертикальный дренаж эффективен только в том случае, если одна скважина может обеспечить требуемый уровень грунтовых вод на площади не менее 20 га за период откачки 10–15 сут.

Системы вертикального дренажа подразделяются на осушительные и осушительно-оросительные. В состав системы входят: вертикальные скважины с насосно-силовым оборудованием, каналы, трубопроводы, водорегулирующие и переездные сооружения, насосные станции, линии электропередач, пункты и средства управления автоматики, телемеханики и связи. Осушительно-оросительные системы дополнительно включают дождевальные агрегаты, аккумулирующие бассейны и напорные трубопроводы.

Плановое расположение скважин вертикального дренажа необходимо увязывать с геологическим и гидрогеологическим строением, рельефом, границами мелиорируемого участка, применяемой дождевальной техникой, намечаемым сельскохозяйственным использованием мелиорируемых земель.

### 3.6.3. Особые виды осушения

К особым видам осушения относят осушение лесов, болот для добычи торфа, сельскохозяйственных аэродромов, спортивных площадок и сооружений, сельских населенных пунктов, теплиц и др.

*Осушение лесов.* В жизни людей леса играют огромную роль. Они являются местом обитания разнообразной флоры и фауны. Лесные угодья защищают реки и озера от обмеления, а почвы – от водной и ветровой эрозии. Древесина используется во многих отраслях народного хозяйства, и потребность в ней постоянно возрастает. Однако значительные площади лесов невозможно освоить вследствие переувлажнения земель, на которых они произрастают. Поэтому для увеличения прироста древесины проводят осушение лесов. Продуктивность леса после осушения повышается на один-два класса бонитета.

Увеличение прироста древесины начинается уже через 2–3 года

после начала осушения, достигая своего максимума через 15–20 лет. Дополнительный прирост древесины в результате осушения составляет в среднем 2–6 м<sup>3</sup> с 1 га, а иногда повышается даже до 10 м<sup>3</sup>. Благодаря осушению растет качество древесины, улучшаются условия естественного и искусственного возобновления леса, эксплуатации и заготовки древесины, оздоровления местности.

Леса осушают в основном систематической сетью открытых каналов с расстояния между ними 60–300 м. При осушении лесопитомников и лесопарков применяют закрытый дренаж или же комбинированную сеть, состоящую из закрытых и открытых регулирующих элементов. При выборе способа осушения необходимо знать типы водного питания, рельеф осушаемого массива, тип леса, почво-грунтовые условия, наличие квартальных просек.

Средневегетационная норма осушения зависит от породы леса и грунтов и составляет для торфяников от 0,2–0,3 до 0,3–0,7 м. Глубина открытой регулирующей сети колеблется от 0,8 до 1,4 м. Закрытые дрены делают из керамических, пластмассовых и других труб. Глубина дрен принимается от 0,8–1,0 м при атмосферном типе водного питания и до 1,0–1,5 м при грунтовом. Расстояние между дренами колеблется от 20–60 до 100–150 м на низинных торфяниках и от 8–20 до 40 м на верховых болотах. Открытые элементы осушительной сети, дороги по возможности совмещают с квартальными просеками. Для предупреждения возникновения лесных пожаров и борьбы с ними устраивают водозадерживающие сооружения на каналах, противопожарные водоемы. Если позволяют условия, к осушительной сети подсоединяют водоподводящие каналы, забирающие воду из гарантированных источников воды. В дополнение к осушительной сети проектируют борозды для сбора воды из мелких понижений. Размещение их зависит от наличия понижений; длина борозд не должна превышать 160–200 м, а глубина – 0,3–0,7 м. Для перевода воды из-за кавальеров в открытые каналы устраивают воронки. В целом все элементы осушительной системы, предназначенной для осушения лесов, аналогичны элементам, устраиваемым при осушении земель под сельскохозяйственные угодья.

*Осушение болот для добычи торфа.* Торф широко используется в народном хозяйстве: в химической промышленности, медицине, при производстве строительных материалов, в сельском хозяйстве. В Беларуси торф пока еще является одним из топливных компонентов, на основе которого производят брикеты. Торф применяют для приго-

товления органических удобрений, торфяной подстилки скоту и т. д.

Торф содержит ряд питательных элементов. Особенно значительное их количество имеется в низинном торфянике. Торф, внесенный в почву, улучшает ее структуру, физико-химические свойства, способствует образованию гумуса, развитию микробиологических процессов, повышает влагоемкость почвы. Однако без осушения использовать торф на все эти цели очень сложно. Задачей осушения торфяных месторождений является создание благоприятного водного режима в зоне выработки промышленных запасов торфа. При этом сбрасывают из торфяной залежи избыточные запасы воды и ограничивают поступление на территорию торфяного месторождения поверхностных и грунтовых вод с прилегающей территории. В результате осушения уменьшается средняя влажность торфяной залежи до эксплуатационного значения, понижается уровень грунтовых вод, уплотняется торфяная залежь, повышается выход воздушно-сухого торфа и создаются условия для прохождения торфяных машин. Этого эффекта достигают с помощью осушительной системы.

Осушение торфоплощадок осуществляется по схеме: оградительная сеть – нагорные каналы (НК); регулирующая сеть – картовые каналы; проводящая сеть – валовые и магистральные каналы (ВК и МК); водоприемник (МК, река).

Длина картовых каналов – 200–400 м. Уклоны каналов принимаются равными уклону местности по их трассе или несколько большими (0,003–0,005). Эксплуатационная глубина картовых каналов должна быть не менее 1,7–1,8 м.

Заложение откосов картовых каналов ( $m_k$ ) – 0,25–0,35. Ширина по дну – 0,2–0,3 м (до 0,6). Расстояние между каналами для низинного торфа – 40 м, верхового – 20, переходного – 20–40 м.

Валовые каналы принимают воду от регулирующих картовых. Длина их допускается до 3000–4000 м. Уклоны должны быть в пределах 0,003–0,005, глубина – не менее 2,5 м и ниже дна картовых не менее чем на 0,5–0,7 м, заложение откосов – 0,5, ширина по дну – 0,4–0,6 м. Расстояние между валовыми каналами определяется длиной картовых каналов.

Магистральный канал проектируется по наиболее пониженным участкам с уклоном в пределах 0,0003–0,001. Глубина должна быть больше глубины ВК на 0,6–0,7 м. Заложение откосов принимается от 0,5 для малоразложившихся торфов до 1,5 для хорошо разложившихся минеральных грунтов.

Предельное положение расчетных уровней воды в каналах составляет для МК на 0,4 м выше дна ВК, для ВК на 0,2 м ниже дна картового.

Устройство осушительной сети необходимо начинать за 1–2 года до промышленной заготовки торфа. При этом поверхность участка должна быть очищена от древесных остатков и тщательно спланирована.

Нормальной средней влажностью считается для низинного торфа 75–80 %; переходных и смешанных – 73–82 %; верхового на подстилку скоту – 83–84 %. При одинаковой интенсивности осушения хорошо разложившийся низинный торф обладает меньшей влагоемкостью, имеет меньшую влажность, чем верховой.

Цикл разработки торфа включает три стадии:

1. Фрезерование поверхности торфяной залежи и дробление торфа на крошку размером не более 2,5 см.
2. Сушка раздробленного слоя до требуемой влажности.
3. Уборка высушенной крошки в штабеля.

Цикл фрезерной добычи продолжается 2–3 дня. Через 2–3 цикла производится рыхление и выравнивание поверхности. Циклы повторяются. Вывоз торфа осуществляется автотранспортом по дорогам, устроенным вдоль нагорных и магистральных каналов. Выработка торфа и складирование его в штабеля выполняются торфоуборочными бункерными комбайнами. Однако не исключается заготовка торфа с помощью бульдозера или грейдера (особенно на участках неправильной конфигурации).

На торфоплощадке должны быть предусмотрены противопожарные водоемы, а по периметру с внешней стороны – противопожарная полоса шириной не менее 50 м. Полоса засеивается невозгораемыми культурами (травосмесь на зеленую массу, капуста, свекла, картофель и др.).

Если после выработки торфа площадь планируется использовать под сельскохозяйственные культуры, то торф не должен выработываться до дна не менее чем на 0,5 м, а для прудового хозяйства – не менее чем на 0,15 м.

*Осушение аэродромов* для сельскохозяйственной авиации. Задачей осушения сельскохозяйственных аэродромов является повышение несущей способности грунта путем быстрого удаления избытка воды. Осушают аэродромные площадки закрытой сетью, устраиваемой из керамических или других труб диаметром не менее 75 мм. На почвах атмосферного водного питания (для ускорения стока поверхностной

воды) устраивают закрытые собиратели с соблюдением всех конструктивных требований для этого типа сооружений. Расстояние между собирателями зависит от грунтов и уклонов поверхности площадки. На глинах и тяжелых суглинках при уклоне поверхности земли 0,002–0,003 это расстояние составляет 6–8 м, а при уклоне 0,025 возрастает до 18–20 м. На супесях расстояние между закрытыми собирателями для указанных условий составляет соответственно 12–14 и 28–30 м. Когда закрытая сеть устраивается для понижения уровня грунтовых вод, параметры сети принимают следующими: расстояние между дренами на глинах и средних суглинках – 4–8 м, суглинках легких и супесях – 8–12 м, а глубина дрен – в пределах 1,1–1,3 м.

Длина регулирующей сети может достигать 100 м при уклонах 0,005–0,01; закрытая проводящая может проектироваться длиной до 1000 м при уклонах 0,005–0,01.

Для защиты летнего поля от притока воды извне устраивают оградительную сеть – нагорные, ловчие каналы или дренаи.

Когда будущая аэродромная площадка подвергается длительному затоплению поверхностными водами во время половодий, применяют дамбы обвалования.

*Осушение спортивных площадок и сооружений.* Стадионы должны быть готовыми к проведению мероприятий буквально через несколько часов после выпадения интенсивных летних осадков. Исходя из этого и устанавливают параметры осушительной сети. Спортивные площадки и стадионы с травяным покрытием осушают горизонтальной закрытой сетью глубиной 0,7–1,0 м и расстоянием между регулирующими элементами 5–12 м. Уклон сети должен быть не менее 0,003–0,004. Вокруг площадки предусматривают сбросные коллекторы, куда поступает вода из регулирующей сети. Регулирующую сеть устраивают с уклоном от середины площадки к сбросному коллектору. Из сбросного коллектора вода передается в ливнесточную сеть. Регулирующую сеть устраивают из труб диаметром 50–60 мм или в виде траншей, заполненных щебнем или гравийно-галечниковой смесью.

*Осушение сельскохозяйственных населенных пунктов и промышленных площадок.* Строительство населенных пунктов и промышленных объектов изменяет водный режим поверхностных и грунтовых вод. При этом могут возникнуть новые источники избыточных поверхностных и грунтовых вод вследствие разных причин.

Для благоустройства застраиваемых территорий необходима организация поверхностного стока. Своевременное удаление этих вод снижает инфильтрацию воды в грунты, не допуская уменьшения ее прочности. Отведение поверхностной воды от частей зданий и сооружений увеличивает продолжительность их службы. Уменьшение притока поверхностной воды на строительные и промышленные площадки достигается ограждением их от притока воды извне, планировкой поверхности, сооружением сети ливнестоков.

Для ограждения территории от притока поверхностных вод применяют нагорные каналы или лотки. Вода из оградительной сети отводится самотеком по специальным сбросам в водоприемники, минуя внутреннюю водоотводящую сеть. Параметры каналов устанавливают на основании гидрологических и гидравлических расчетов. Полученную расчетом глубину каналов увеличивают на 0,1–0,2 м для учета возможного заилиения и еще на 0,25–0,30 м для превышения бровки над наивысшим уровнем воды в канале. Чтобы каналы работали эффективно, уклон дна должен быть не менее 0,0005. Максимальная скорость движения воды не должна превышать допустимую на размыв: в песках – 0,5 м/с, суглинках – 1,0 м/с, в глинах – 1,5 м/с. Каналы и лотки рассчитывают на пропуск максимальных расходов весеннего или летне-осеннего паводка 10%-ной обеспеченности.

Организацию стока поверхностной воды внутри участков осуществляют путем соответствующей планировки улиц, проездов. Продольные уклоны улиц и проездов на территориях промышленных предприятий должны быть в пределах 0,003–0,008 в зависимости от типов покрытий. Отвод ливневых и талых вод с территории осуществляется водосточной сетью открытого, закрытого или смешанного типов. Открытая водосточная сеть устраивается в небольших поселках с малой плотностью застройки и при незначительной протяженности дорог и тротуаров с твердым покрытием. Она также применяется на вспомогательных территориях предприятий и на территориях животноводческих комплексов. Открытая сеть состоит из ряда неглубоких каналов или лотков-собирателей поверхностных вод и магистральных каналов. На улицах и проездах поверхностные воды отводят по кюветам. Каналы-собиратели или кюветы должны быть глубиной не менее 0,5 м (максимальная устанавливается из условий рельефа местности, расходов воды и не должна превышать 2,0 м). Они имеют трапециевидальное поперечное сечение.

При пересечении каналов с улицами и тротуарами применяют трубы или устраивают мостовые переходы. Ливневые воды, стекающие с

крыш зданий, внутри кварталов при плотной многоэтажной застройке отводятся открытыми лотками.

Закрытая система ливнеотоков применяется при плотной многоэтажной застройке с твердым покрытием улиц и внутриквартальных проездов. Такую же сеть применяют на территории промышленных предприятий при высокой плотности застройки и разветвленной сети проездов. Закрытая сеть включает уличные лотки, из которых вода поступает в дождеприемный колодец, магистральный и соединительный коллекторы (рис. 3.18).

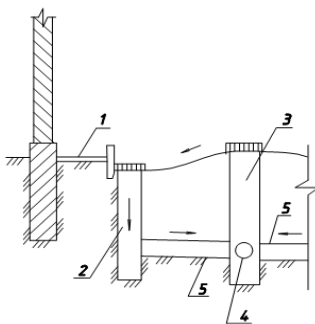


Рис. 3.18. Закрытая ливневочная система:  
1 – тротуар; 2 – дождеприемный колодец;  
3 – смотровой колодец с крышкой;  
4 – магистральный (главный) коллектор);  
5 – соединительный коллектор

Дождеприемные колодцы устраивают по обеим сторонам улиц через 50–150 м по длине в зависимости от характера профиля трассы улиц. Эти колодцы выполняют глубиной до 2 м из сборного железобетона, а сверху перекрывают чугунной решеткой. Вода из них поступает по соединительным коллекторам в магистральный (главный) коллектор, проходящий под центром улицы. Диаметр соединительных коллекторов составляет 300–400 мм, а магистральный – до 900 мм. Для устройства коллекторной сети применяют асбестоцементные, железобетонные и бетонные трубы. Верх трубы должен находиться на глубине не менее 1,5 м, а их основание заглубляется под уровень промерзания грунта. Минимальные уклоны дна коллекторов должны составлять 0,004–0,005. При проектировании водосточной сети территория населенных и промышленных предприятий разбивается на отдельные водосборные участки площадью не более 100 га, чтобы не

перегружать проводящую сеть. Внутри каждого участка прокладывают магистральный коллектор, к которому подводят коллекторы младших порядков.

Существенное изменение водного режима дает подтопление территорий. Подтопление вызывает подпоры воды в водотоках, водохранилищах, приток грунтовых и грунтово-напорных вод со стороны. Кроме этих причин создавать подтопление могут утечки воды из трубопроводов, резервуаров, фильтрация из очистных сооружений. К подобным последствиям приводят также просадки поверхности земли при добыче полезных ископаемых.

При покрытии территории (дорог, площадок) слабоводопроницаемыми материалами снижается расходование грунтовой воды на испарение и поэтому усиливается пополнение запасов грунтовых вод. Изменение рельефа территорий при ее планировке и застройке приводит к нарушению исторически сложившегося баланса водных ресурсов. Наличие насыпей, дорог и других искусственных сооружений увеличивает инфильтрацию к грунтовым водам, поднимая их уровень. Подъем грунтовых вод приводит к уменьшению несущей способности грунтов. Иногда возникают осадки и просадки основания, приводящие к деформации сооружений. Поднимающиеся грунтовые воды могут затопливать подземные части зданий – подвалы, галереи с коммуникациями. Минерализованные грунтовые воды, вступая в контакт с подземными сооружениями, вызывают их разрушение вследствие коррозии. При близком залегании грунтовых вод уменьшается несущая способность дорожных покрытий, возможна гибель зеленых насаждений. Поэтому при изысканиях и проектировании населенных пунктов и промышленных предприятий тщательно изучают возможное изменение водного режима, прогнозируют величину подъема уровня грунтовых вод. При недоступном подъеме уровня грунтовых вод необходимо принимать меры по борьбе с подтоплением. Эти меры подразделяются на предупредительные и защитные.

*Предупредительные меры* предусматривают уменьшение питания грунтовых вод или отвод воды от оснований сооружений. Это достигается развитием защитных сооружений – оградительной и ливнесточной сети. Нельзя допустить утечек воды из сооружений, служащих для ее хранения или перемещения. К предупредительным мерам относят также расчистку и сохранение естественной гидрографической сети. Понижению уровня грунтовых вод способствуют посадки деревьев и кустарников в виде полос или зеленых массивов. К предупредительным мерам относят уплотнение грунта при обратной засыпке.

Оно необходимо для предупреждения конденсации водяных паров в основании зданий и сооружений. Эту задачу можно решить также применением вентиляционного дренажа.

К *защитным мероприятиям* относят: искусственное повышение поверхности застраиваемой территории; защиту отдельных зданий и сооружений; устройство гидроизоляции, пристенного, пластового и контурного дренажей; устройство головных, береговых перехватывающих каналов и дрен; систематический дренаж на всей застраиваемой территории или на части ее; защиту подземных коммуникаций, частей зданий и сооружений, котлованов, траншей и прочих выработок с помощью вакуумного дренажа.

Повышение поверхности применяется при строительстве зданий и сооружений на пониженных участках. Проектная отметка новой поверхности назначается такой, чтобы уровень грунтовых вод не подтапливал сооружения. Для отсыпки применяют местный грунт, который через каждые 15–20 см уплотняется. Гидроизоляция применяется для защиты подземных частей зданий и сооружений от воздействия грунтовых вод и от повышенной влажности окружающих грунтов.

Глубина понижения уровня грунтовых вод (норма осушения) должна составлять для жилой застройки и общественных зданий 2 м; парков, скверов и других зеленых насаждений – 1 м, промышленных площадок – не менее 3,0–3,5 м. Эта глубина достигается применением ранее перечисленных сооружений.

Пристенный дренаж применяют при неглубоком залегании водоупора. Он служит для перехвата притекающих к сооружению грунтовых вод (рис. 3.19). В качестве дренажных применяют пористые трубы.

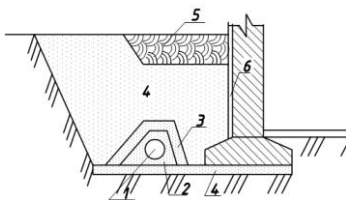


Рис. 3.19. Пристенный дренаж:  
1 – труба; 2 – гравий; 3 – крупнозернистый песок;  
4 – песок; 5 – засыпка местным грунтом;  
6 – оклеечная гидроизоляция

Пластовый дренаж устраивают при глубоком залегании водоупора. Он принимает воду всей своей фильтрующей гравийной засыпкой, а отводится она дренажной трубой.

Контурный дренаж предназначается для защиты от подтопления отдельных зданий и сооружений или для устранения подтопления со стороны локальных источников питания грунтовых вод (искусственных водоемов, отстойников, бассейнов и т. д.). В отличие от пристенного и пластового контурный дренаж может сооружаться и на застроенной территории при опасном подъеме уровня грунтовых вод. Контурный дренаж выполняют в виде горизонтальных или вертикальных дрен. Если под слабопроницаемым грунтом толщиной 10–15 м залегает водоносный напорный пласт, возможно применение комбинированного дренажа, состоящего из горизонтальных дрен, дополненных самоизливающимися вертикальными скважинами. Контурный дренаж может быть замкнутым, который ограждает объект со всех сторон, или линейным, при котором дренаж укладывают вдоль длинных сторон объекта.

Систематический дренаж на территориях сельскохозяйственных населенных пунктов и промышленных предприятий применяют в тех случаях, когда перечисленные выше меры борьбы с подтоплением оказываются недостаточными. Систематический дренаж может быть горизонтальным (трубчатым) и вертикальным.

Выбор типа дренажа обосновывается технико-экономическими расчетами и зависит от природных условий и степени освоенности территории.

Для строительства горизонтального дренажа применяют керамические, асбестоцементные, а также трубы с пористыми стенками – трубофильтры керамические и пластмассовые трубы. Асбестоцементные безнапорные трубы применяют при необходимости укладки их на большие глубины.

Трубофильтры диаметром 250–740 мм и толщиной стенок 50–120 мм изготавливают из пористого бетона. Длина этих труб равна 1 м. Их применяют при устройстве дренажа на глубинах 2,5–12,0 м в неагрессивных по отношению к бетону средах. Трубофильтры применяют в средне- и крупнозернистых песках с диаметром частиц более 0,2 мм с обратной засыпкой этим же грунтом. Если их требуется уложить в супесчаные грунты и мелкозернистые пылеватые пески, трубофильтры необходимо обсыпать слоем крупнозернистого песка. Делается это с целью увеличения водопримной способности и защиты дрен от заиления.

Все дренажные трубы укладывают на песчано-гравийную подготовку, которая является составной частью фильтра. Фильтры дренажных труб устраивают в виде рыхлых обсыпок, состоящих из двух слоев по 15 см толщиной каждый – из гравия и крупнозернистого песка.

Фильтры из минеральных волокнистых материалов применяют в слабокислых и слабощелочных грунтовых водах с минерализацией до 50 мг/л и при наличии железистых соединений в грунтовой воде не более 5 мг/л. В сжатом состоянии коэффициент фильтрации нетканых фильтров должен в 5 раз превышать коэффициент фильтрации естественных несвязных грунтов и в 20 раз – связных. После укладки вокруг труб волокнистые материалы присыпают песчаным неотсортированным грунтом.

Вакуумный дренаж представляет собой осушительную сеть, с помощью которой в почве создается искусственное гравитационное поле, увеличивающее осушающий эффект дрены. Искусственное гравитационное поле получают путем образования вакуума в полости закрытых дрен. Вакуумирование дрен позволяет свободную поверхность воды опускать ниже глубины заложения дренажных труб. Вакуумный дренаж эффективен в почвогрунтах с коэффициентом фильтрации от 0,01 до 0,3 м/сут. В этом диапазоне его эффект по сравнению с обычным дренажем увеличивается с уменьшением коэффициента фильтрации. Вакуумный дренаж рекомендуется для локальной защиты от подтопления подземных коммуникаций, частей зданий и сооружений, котлованов, траншей и прочих выработок.

*Осушение теплиц.* Дренажные системы в теплицах применяются для регулирования водного режима почвы или субстрата, на котором возделываются растения. Обычно они сочетают функции осушительной и увлажнительной сети. В грунтовых теплицах обычно сеть состоит из нескольких параллельных дренажных полиэтиленовых или керамических труб с диаметром 63–75 мм, глубиной 25 см, уклоном 0,003–0,005 и расстоянием между ними 0,5–0,7 м.

В стеллажных теплицах трубы укладывают непосредственно на дно стеллажа в один или два ряда в зависимости от ширины стеллажа. В современных тепличных комбинатах по объему дренажа (до 30 %) судят о необходимости прекращения полива и подачи субстрата растениям.

Технически и экономически вертикальный дренаж эффективен только в том случае, если одна скважина может обеспечить требуемый

уровень грунтовых вод на площади не менее 20 га за период откачки 10–15 сут.

Системы вертикального дренажа подразделяются на осушительные и осушительно-оросительные. В состав системы входят: вертикальные скважины с насосно-силовым оборудованием, каналы, трубопроводы, водорегулирующие и переездные сооружения, насосные станции, линии электропередач, пункты и средства управления автоматики, телемеханики и связи. Осушительно-оросительные системы дополнительно включают дождевальные агрегаты, аккумулирующие бассейны и напорные трубопроводы.

Плановое расположение скважин вертикального дренажа необходимо увязывать с геологическим и гидрогеологическим строением, рельефом, границами мелиорируемого участка, применяемой дождевальной техникой, намечаемым сельскохозяйственным использованием мелиорируемых земель.

### **3.7. Проводящая и ограждающая сети и их увязка в вертикальной плоскости**

К *проводящей* сети относят транспортирующие собиратели, магистральные каналы и коллекторы. Их параметры (для открытой сети – ширина каналов по дну, их глубина, заложение откосов, для закрытой сети – диаметры коллекторов) определяются по формулам равномерного безнапорного движения жидкости.

При *проектировании в плане* учитывают, чтобы проводящая сеть: а) была прямолинейной с минимальным числом поворотов и пересечений с инженерными коммуникациями; б) имела минимальную длину, в) трассировалась по границам хозяйств или полей севооборотов (для уменьшения количества мелких участков) и полей, проходящим по наиболее низким местам.

*Увязка водотоков в вертикальной плоскости* осуществляется для обеспечения самотечного отвода воды с осушаемой площади и выполняется путем построения *продольных профилей*, под которым понимается вертикальный разрез местности по оси канала или коллектора.

При построении продольных профилей необходимо выполнять следующие рекомендации: а) уклоны дна проводящей сети должны производиться в допустимых пределах и по возможности быть одинаковыми по всей длине; б) фактические их глубины на отдельных сечениях должны незначительно отличаться от проектных.

Открытая сеть сопрягается в вертикальной плоскости: а) при гидравлически рассчитываемых каналах по принципу «горизонт в горизонт» (бытовые горизонты воды во впадающем и принимающем канале совпадают); б) при сопряжении гидравлически не рассчитываемого в рассчитываемый по принципу «дно в горизонт» (бытовой горизонт принимающего рассчитываемого канала совпадает с дном впадающего); в) если размеры обоих каналов принимаются конструктивно (минимальными исходя из принятой технологии строительства), то дно одного из них принимается больше другого на 20 см. Это положение соблюдается при небольших водосборных площадях проводящей сети (до 5 км<sup>2</sup>).

При сопряжении в вертикальной плоскости закрытой проводящей сети (коллекторов) с открытой (каналами) учитывают, что для обеспечения бесподпорного движения воды из коллекторов в канал дно его должно быть не менее 20 см выше бытового горизонта в канале. Если глубина воды в канале расчетами не устанавливается, то проектная глубина канала принимается на 0,5–0,7 больше глубины залегания впадающего в него коллектора (рис. 3.20).

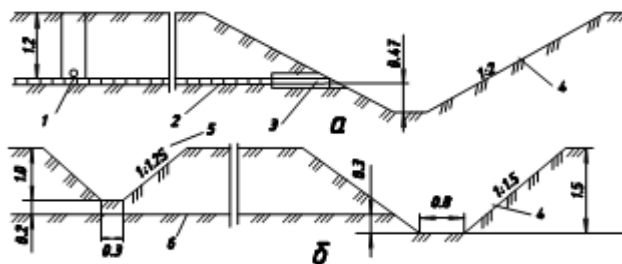


Рис. 3.20. Схема вертикального сопряжения элементов закрытой (а) и открытой (б) осушительных систем:  
1 – дрена; 2 – коллектор; 3 – устье; 4 – магистральный канал;  
5 – регулирующий канал; 6 – дно коллектора

К оградяющей сети относят нагорные каналы или дрены (для перехвата поступающих на осушаемый участок поверхностных вод) и ловчие каналы или дрены (для перехвата грунтовых вод). Их размеры также определяются гидравлическими расчетами. Как правило, глубина нагорных каналов не превышает 1–1,2 м, ловчих – 3 м. Минимальный уклон открытой оградительной сети принимают больше, чем собирательной и осушительной (0,0005); а минимальный диаметр ловчих дрен – 7,5 см.

### 3.8. Водоприемники осушительных систем

Одним из важных вопросов проектирования осушительных систем является выбор естественного или искусственного водоприемника (водотока, водоема), куда необходимо транспортировать воду, собираемую со всей осушаемой территории. Водоприемником могут служить реки, ручьи, крупные магистральные каналы, овраги, балки. Иногда для этих целей используют озера и даже водоносные пласты, способные вместить в себя воду. Однако к последним двум типам водоприемников необходимо подходить весьма осторожно. В озерах часто водообмен незначителен и сброс в них воды, содержащей в себе биогенные вещества, способствует усилению развития водной растительности и снижению качества воды. При выборе водоносных пластов под водоприемник следует тщательно проанализировать геологический разрез. Если имеется связь первого водоносного пласта с подземными водами, использовать его в качестве водоприемника нельзя, поскольку возникает опасность попадания сбросных вод в подземные воды и их загрязнения.

Чаще всего в условиях Беларуси в качестве водоприемников служат реки и озера. От состояния их уровня зависит своевременность сброса воды с осушаемых полей. Поэтому целесообразно выбирать водоприемник таким, чтобы уровни воды расходов весеннего половодья и летне-осенних паводков в расчетные периоды соответствующей обеспеченности не превышали отметок поверхности земли на пойме. Однако если продолжительность затопления поймы не превышает сроки, в течение которых сельскохозяйственные культуры выдерживают затопление, выход вод на пойму допустим.

Как в предпосевной, так и в летний периоды уровни воды в водоприемнике не должны превышать отметок, при которых на осушаемых полях формировались бы требуемые для возделываемых сельскохозяйственных культур уровни грунтовых вод. Летом водоприемник не должен вызывать подпора уровней воды во впадающих в него водотоках осушительной системы. При сбросе дополнительного объема воды в водоприемник необходимо определить, как сформируется водный режим земель, расположенных ниже осушаемого массива (повышение уровней, затопление, подпор территорий). В пределах же осушаемого объекта водоприемник должен иметь устойчивые берега и русло, чтобы исключить их размыв, заиление и выход в связи с этим водотока из строя.

На практике зачастую перечисленным требованиям водоприемники не соответствуют. По ряду причин в русле появляется большая шероховатость (например, из-за его зарастания, попадания в него различных предметов или древесной растительности). Наличие изгибов, обвалы берегов приводят к неодинаковым поперечным сечениям русла. Препятствие движению воды могут создавать гидротехнические сооружения (недостаточные размеры мостов, трубопереездов) и остатки старых сооружений. Все это уменьшает водопропускную способность водоприемника. Уровни воды в таких водотоках стоят высоко и могут создавать подпор для впадающих каналов.

К существенному вмешательству в естественный режим функционирования водоприемника прибегать можно только в крайних случаях. Поэтому водоприемники, которые в естественном состоянии не соответствуют требованиям осушения объекта, стараются использовать без радикального вмешательства в его гидрологию. Например, шероховатость русла можно уменьшить путем удаления пней, завалов деревьев, обвалов и обрушений. Повысить пропускную способность русла водоприемника можно также углублением, уширением, расчисткой от водной растительности.

При мелиорации пойм крупных и средних водотоков наряду с вариантами регулирования водоприемника, обеспечивающими самостоятельное удаление избыточных вод, возможно также применение варианта польдерной системы. Хороший эффект может дать регулирование стока на участках выше мелиорируемого объекта. Это позволяет не только управлять водным режимом на нижерасположенном участке реки, но также иметь запас воды для увлажнения земель, создать зоны отдыха, украсить природные ландшафты.

При любых способах выправительных работ необходимо проводить технико-экономическое сравнение вариантов. Предпочтение следует отдавать тому из них, который экономически и экологически более перспективен. Обычно разработку проекта регулирования водоприемников ведут с учетом планируемого освоения земель в его водосборе.

Спрявление рек и ручьев допускается в исключительных случаях, когда они протекают по болоту или по сильно переувлажненной минеральной пойме шириной более 300 м, имеют коэффициент извилистости более 1,5, зыбкие малодоступные берега, незначительные поперечные сечения и большую заиленность. Водотоки, проходящие по минеральной пойме, имеющие коэффициент извилистости менее 1,5, а

также устойчивые и приемлемые по размерам поперечные сечения, следует оставлять в естественном состоянии или в крайнем случае спрямлять частично. Если ширина поймы не превышает 300 м, независимо от природных особенностей регулирование водоприемника не производится. При разработке мероприятий по регулированию водоприемника необходимо предусматривать строительство подпорных сооружений у населенных пунктов, мест отдыха, в точках водозабора для орошения, хозяйственно-бытовых нужд и обводнения мелиорируемых земель, а также в других местах, где в этом имеется потребность (рис. 3.21).

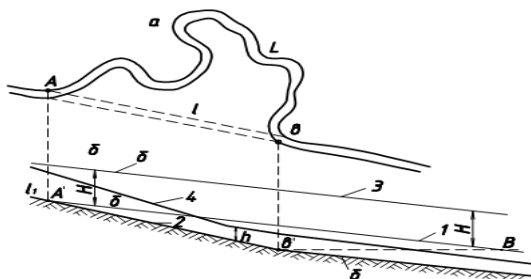


Рис. 3.21. Схема спрямления русла реки:  
*a* – план; *б* – продольный профиль;  
 1, 2 – дно до и после регулирования;  
 3, 4 – уровень воды до и после регулирования

Если проектируется новая трасса водоприемника, необходимо соблюдать следующие требования. Общее направление трассы принимается параллельным коренным берегам поймы по наиболее низким элементам рельефа. Это обеспечивает прием воды самотеком со всех точек осушаемого массива. Так же, как и другие элементы осушительной системы, водоприемник трассируют по наиболее глубокой торфяной залежи, без значительных отклонений от направления движения весенних паводков по пойме.

Если водоток необходимо сохранить в естественном состоянии по экологическим соображениям или стоимость регулирования водоприемника слишком высока, предусматривают механический водоподъем с устройством ограждающих дамб для защиты земель от затопления паводковыми водами.

Снижение объема воды, поступающей в основное русло водоприемника, достигается устройством специальных разгрузочных кана-

лов со сбросом воды в соседний водосбор или ниже осушаемых земель. При этом необходимо проанализировать возможное изменение гидрологического режима водотока и влияние дополнительного стока воды на хозяйственное использование земель.

При создании нового русла водоприемника не следует забывать о том, что в нем должны сохраниться рыба, различные земноводные. Поэтому трасса водоприемника не должна быть прямолинейной, со строго очерченными параметрами. Уже сейчас проектируют водоприемники с искусственным созданием ям, извилин, позволяющих максимально приблизить его к местным условиям.

*Мероприятия по регулированию рек-водоприемников* включают: понижения уровня воды за счет увеличения пропускной способности реки, путем устройства сбросных сооружений или регулирования стока в верховье реки, на ее притоках и водосборе; выправление русла реки. Основные виды работ: спрямление русла, расчистка и углубление его, выправительные работы в русле.

Расход реки-водоприемника и объем речного стока изменяются в зависимости от водности (засушливости) года, он непостоянен. Уменьшить высоту и объем весеннего половодья и тем самым повысить величину летнего меженного стока можно за счет его регулирования устройством прудов. Пруды устраивают в лощинах на водосборах рек, оврагов и балок и в их руслах. Чрезмерное строительство прудов может привести к иссушению рек, поэтому суммарная емкость всех водоемов в бассейне реки не должна превышать 1/3–1/4 части среднегодового стока в ее устье.

Весьма осторожно следует подходить к использованию в качестве водоприемника естественных и искусственных водоемов (озер, водохранилищ, прудов), не следует существенно менять их гидрологический режим, что может привести к обмелению водоемов или, наоборот, к подъему уровня воды и затоплению или подтоплению сельскохозяйственных и лесных угодий.

Комплекс мероприятий, направленных на улучшение экологического состояния водоемов-водоприемников, включает: очистку от ила, сапропеля, удаление излишней водной растительности, расчистку протоков и сооружение водохозяйственных каналов, приемы рыбохозяйственной мелиорации, защиту от поступления загрязняющих веществ, организацию прибрежных водоохраных зон и полос. Инженерная часть мелиорации озер включает сооружение валов (дамб), шлюзов, плотин, каналов.

### 3.9. Осушительно-увлажнительные системы

Целью мелиорации избыточно увлажненных почв является создание в корнеобитаемом слое почвы оптимального водного режима для сельскохозяйственной культуры. Добиться этого одним осушением очень трудно, поскольку осушаемые земли Беларуси часто нуждаются в дополнительном увлажнении в засушливые периоды вегетации. Подать воду в корнеобитаемый слой почвы можно разными методами. Под увлажнением обычно понимают подачу дополнительной влаги растениям по почвенным капиллярам от источника влаги, находящегося в почве. Различают следующие способы увлажнения: внутр-почвенное и подпочвенное. Первый способ реализуется с помощью устройства внутри почвы полостей, по которым подается вода непосредственно к корням растений. В Республике Беларусь большое распространение получило подпочвенное увлажнение. На системах подпочвенного увлажнения вода к растениям подается по капиллярам почвы от уровня грунтовых вод. В Беларуси такие системы построены на площади около 700 тыс. га, или почти на 25 % осушаемой территории.

Самой простой реализацией осушительно-увлажнительной системы является *шлюзование* одиночных открытых водотоков (проводящих каналов) и через них – регулирующей сети (рис. 3.22). Для повышения эффекта увлажнения выполняют также дополнительные мероприятия, способствующие более интенсивному и равномерному увлажнению корнеобитаемого слоя от уровня грунтовых вод.

Под шлюзованием понимают задержание стока и накопление воды в каналах для передачи ее по порам почвы в межканальное пространство и к корням растений. Различают предупредительное и гарантированное шлюзование.

При *предупредительном шлюзовании* сток воды в водотоках задерживают на фазе спада весеннего паводка, стабилизируя уровень воды на отметках, позволяющих вести весенне-полевые работы. С помощью этого приема создается объем воды, который постепенно используется на увлажнение не только в начале весны, но и насколько возможно в период вегетации растений. При предупредительном шлюзовании используются воды, стекающие с водосбора мелиоративного объекта (так называемый местный сток).

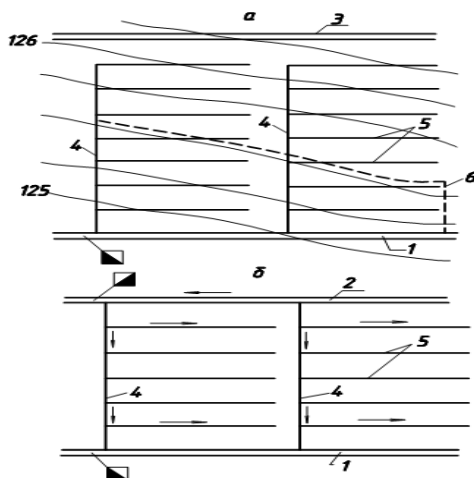


Рис. 3.22. Шлюзование с помощью системы открытых каналов:

- a* – за счет вод с собственного водосбора;
- б* – с подачей воды с гарантированного водоисточника;
- 1 – магистральный канал; 2 – водоподводящий канал;
- 3 – оградительный канал; 4 – открытые коллекторы;
- 5 – регулирующая сеть; 6 – контур гарантированного увлажнения

*Гарантированное увлажнение* – это поддержание уровня грунтовых вод на заданных отметках с целью регулирования влагозапасов зоны аэрации в соответствии с требованиями растений. Оно осуществляется путем аккумуляции стока с собственного водосбора, а также подачей воды из внешних гарантированных водоисточников. При этом виде увлажнения поддерживается требуемая влагообеспеченность почвы в течение всего вегетационного периода независимо от естественного природного хода элементов водного баланса.

По способу подачи воды в почву гарантированное увлажнение подразделяют на непрерывное и цикличное. При возможности непрерывной подачи воды стремятся обеспечить расположение уровней грунтовых вод в оптимальном (наиболее безопасном) диапазоне по заранее заданной программе. При цикличной подаче воды осуществляется периодическое поднятие уровня грунтовых вод до установленных отметок, соответствующих верхнему оптимальному положению в расчетный период. Цикличную подачу воды можно проводить

при увлажнении земель, используемых под сенокосы и пастбища на водооборотных осушительно-увлажнительных системах, а также на системах, расположенных вблизи наливных водохранилищ.

Осушительно-увлажнительные системы можно проектировать при уклонах местности до 0,0005, если в качестве увлажнительной сети используется открытая сеть, и до 0,005, когда предусматривается закрытая сеть. Водопроницаемость грунтов при этом должна быть не менее 0,5 м/сут. При возможности непрерывной подачи воды на увлажнение допускается проектирование осушительно-увлажнительных систем на грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,5 м/сут. Для повышения эффекта при этом применяют агро-мелиоративные меро-приятия, повышающие водопроницаемость грунтов.

Повысить эффективность увлажнения почв можно путем установки подпорных устройств на каждом канале (водотоке), если имеется достаточное количество воды для увлажнения. При гарантированном водоисточнике воду для шлюзования можно забирать из вышерасположенного водотока (магистрального или ограждающего канала). Такой способ подачи сократит время на заполнение сети водой и позволит оперативнее воздействовать на уровень грунтовых вод.

На закрытой сети в качестве подпорного сооружения применяются смотровые колодцы с установкой в них регулирующих устройств (шандоры, автоматические регуляторы уровней воды, другие приспособления для задержания стока воды в закрытой проводящей сети). Если вода в сеть подается из вышерасположенного водотока, в верховье коллектора устанавливают водоприемный колодец (рис. 3.23).

Во избежание попадания в закрытую сеть мусора и твердых частиц из канала, входной оголовок располагают выше дна канала не менее чем на 0,2 м и устраивают сорозадерживающую решетку. В целях избежания повреждения дрена-увлажнителей в зимний период увлажнительный коллектор может соединяться с дренами-увлажнителями сверху, в одной плоскости или иметь самостоятельный сброс при консервации системы на зиму.

Осушительно-увлажнительные системы удобно применять на равнинных поймах при польдерном осушении земель или на водооборотных системах. Увлажнение почв с помощью закрытой сети даст больший эффект, чем с открытой сетью. На закрытых системах расстояние между дренами-увлажнителями меньше, чем между открытыми каналами. Подаваемая вода из водоприемных отверстий труб сразу поступает в почву и более равномерно увлажняет ее.

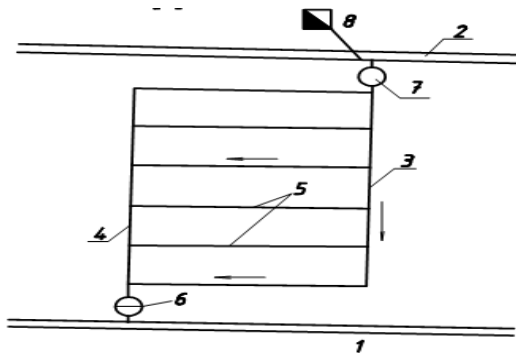


Рис. 3.23. Осушительно-увлажнительная система с подачей воды в истоки закрытой регулирующей сети:  
 1 – магистральный канал; 2 – водоподводящий канал;  
 3 – увлажнительный коллектор; 4 – осушительный коллектор;  
 5 – регулирующая сеть (дрены-увлажнители);  
 6 – смотровой колодец с подпорным устройством;  
 7 – водоприемный колодец; 8 – подпорное сооружение

Если увлажнение земель проводится с помощью дождевания, т. е. путем орошения, то параметры осушительной сети должны согласовываться с параметрами применяемой дождевальной техники. Подземные коммуникации дождевальных систем прокладывают после устройства закрытой сети, т. е. после проведения осушения почв.

Прогрессивным направлением в развитии гидромелиорации является создание *водооборотных систем*. Эти системы наиболее перспективны в экологическом плане, поскольку позволяют задерживать в пределах объекта мелиорации местный сток (в искусственно созданных водохранилищах или прудах) и расходовать его в периоды засухи для увлажнения или орошения. При этом одновременно с накоплением и использованием сбросных вод повторно утилизируются вынесенные из почвы с дренажным стоком химические элементы и биогенные вещества, предотвращается загрязнение природных водных источников удобрениями, пестицидами, гербицидами и пр.

Конструктивные изменения в системах, в которых обеспечивается использование дренажных вод на орошение, связаны с необходимостью устройства насосных станций. Накопительные емкости для резервирования местного стока обычно создаются или в полувыемке-полунасыпи (при равнинном рельефе), или на повышенных элементах рельефа (при наличии холмов).

Причем компоновка водооборотной системы достаточно сложна, поскольку необходимо предусмотреть устройство каналов для перехвата вод, фильтрующихся из накопительных емкостей. Общим свойством этих систем является некоторая расточительность электроэнергии, существенны затраты на строительство прудов и насосных станций.

Экологическое совершенствование гидромелиоративных систем с помощью водооборота применимо для всех типов мелиоративных систем, кроме осушительных.

Конструкций водооборотных систем (рис. 3.24) предложено достаточно много. Известны польдерные системы водооборотного типа, дренажно-оросительные водооборотные системы с коллекторами и дренами-накопителями, водооборотные системы с грунтовым водохранилищем и др. Большинство данных систем совмещает осушение с орошением. Причем для орошения может использоваться любая дождевальная техника – установки, машины и агрегаты.

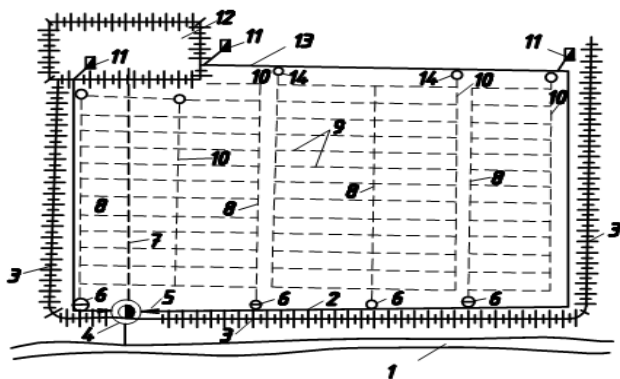


Рис. 3.24. Схема водооборотной мелиоративной системы:  
 1 – водоприемник; 2 – магистральный канал; 3 – дамбы;  
 4 – насосная станция; 5 – аккумулирующая емкость;  
 6 – колодцы-регуляторы; 7 – напорный трубопровод;  
 8 – коллекторы; 9 – дрена-увлажнители;  
 10 – увлажнительные распределители;  
 11 – шлюзы (трубы)-регуляторы; 12 – наливной водоем;  
 13 – подводящий канал; 14 – водоприемные колодцы

При конструировании водооборотных систем основное внимание уделяется согласованию расхода воды, потребляемого для орошения, объема местного стока и накопительных емкостей. Для гарантирован-

ного регулярного орошения часто возникает необходимость подводить дополнительно воду из водисточника, поскольку накопленного дренажного стока может быть недостаточно. Расчет водооборотных систем обычно выполняют с помощью графиков наполнения и опорожнения накопителей, с учетом которых определяют капитальные и эксплуатационные затраты.

В целом затраты на охрану природы связаны с разработкой новых элементов мелиоративных систем, которые должны выполнять производственные и природоохранные функции.

### **3.10. Гидротехнические сооружения и дороги на осушительной и осушительно-увлажнительной системах**

Чтобы мелиоративная сеть функционировала эффективно, она оснащается необходимыми гидротехническими сооружениями. Эти сооружения предназначаются в первую очередь для регулирования водного режима, а также используются для перемещения техники (в качестве мостовых переходов через водотоки), перегона скота через водные преграды, обеспечения устойчивой работы элементов мелиоративной системы, рекреационных целей и др.

По своему назначению гидротехнические сооружения можно разделить на следующие группы. В первую группу включают сооружения, которые необходимы для сопряжения водотоков. К ним относят дренажные устья, воронки стока, колодцы-поглотители, быстротоки, перепады и др. Вторую группу составляют сооружения, с помощью которых обеспечивается проезд техники, прогон скота, переход людей через каналы. Это мосты, трубы-переезды, броды, скотопрогоны, пешеходные мосты. Третья группа представляет сооружения, которые позволяют регулировать уровни воды в каналах – шлюзы-регуляторы, колодцы с регулирующими устройствами, водоприемные колодцы. К четвертой можно отнести средства крепления каналов от размыва и деформаций: хворостяной канат, плетневую (хворостяную) стенку, щиты из досок, одерновку, бетонные и железобетонные покрытия, посев трав, биоковры и др. И наконец, в пятую группу сооружений относят эксплуатационные и рекреационные сооружения – наблюдательные колодцы, гидрометрические створы, береговую обстановку, водоемы-копани, пляжи, места отдыха населения.

Некоторые сооружения могут выполнять несколько функций. Например, труба-регулятор может использоваться одновременно для регулирования уровней воды в водотоке и служить переездным сред-

ством. Водоем-копань может принимать воду с осушаемых полей и выполнять функцию экологической ниши. Наличие на мелиоративных системах достаточной сети дорог позволяет уменьшить транспортные расходы, рационально использовать технику и энергоресурсы. Дороги при проектировании увязываются с проводящей сетью, водоприемником и другими сооружениями, границами землепользователей и полей севооборотов. Дороги должны иметь связь с основными транспортными магистралями. Вид дорог и их конструкция принимаются в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

Ниже рассматриваются только наиболее распространенные сооружения, применяемые на гидромелиоративных системах.

*Дренажные устья.* Эти сооружения предназначены для сопряжения закрытой проводящей сети с открытой. Дренажное устье представляет собой укрепленный оголовок, позволяющий сбросить воду из закрытой осушительной сети в открытый водоток. Большое распространение получило устье, которое выполняется из однотипных лотковых секций. Такая конструкция показана на рис. 3.25.

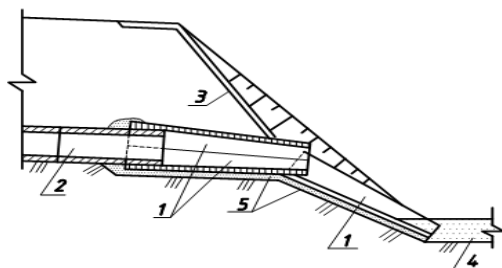


Рис. 3.25. Дренажное устье:  
 1 – лотки; 2 – коллекторная труба;  
 3 – крепление откосов одерновкой;  
 4 – крепление дна канала щебнем или камнем;  
 5 – подсыпка из фильтрующего материала

Достоинством этой конструкции является то, что дренажное устье собирается из лотков одного вида. На дно траншеи укладывается лоток, а сверху он накрывается таким же. Под выходную часть образовавшейся трубы укладывают аналогичный лоток, который вводится под дно канала. Такое расположение не позволяет перемешаться лотку по откосу даже при его деформациях. Если длины одной секции на откосе недостаточно, укладывают вторую. Поскольку лотки имеют

конусность, верхний лоток заклинивается в нижнем, обеспечивая надежное сопряжение. На тяжелых почвах под лотки целесообразно устраивать песчаную подсыпку. Откос канала по 1 м в обе стороны от оси устья и по берме укрепляется одерновкой или биоковрами, а дно канала – щебенкой или местным материалом (камнем). Коллекторная труба вводится в устье до касания свода лотка. В связи с тем, что устье по длине имеет переменное сечение, в него можно вводить трубы различного размера. Место соединения трубы проводящей сети с блоками устья обкладывается защитно-фильтрующим материалом и цементируется. Устраивать устья в торфяных грунтах нежелательно, так как при неодинаковой осадке торфяной залежи под действием разных нагрузок возможны деформации узла сопряжения и сбои в функционировании устья. На практике применяют также дренажные устья из асбестоцементных и пластмассовых труб со специальными креплениями.

*Смотровые колодцы.* Смотровые колодцы необходимы для наблюдения за работой закрытой сети. Их устраивают при соединении в одной точке трех и более закрытых проводящих линий, а также при уменьшении уклона закрытой линии с большего на меньший более чем в 3 раза. На длинных линиях с малыми уклонами смотровые колодцы устанавливают через 400–500 м по длине. Смотровые колодцы могут быть с перепадом. Такие конструкции предусматривают в случаях, когда у проводящих линий может резко измениться глубина, обусловленная изменением рельефа местности. Для сбора попадающих твердых частиц в смотровом колодце устраивается отстойная часть. Смотровые колодцы проектируют открытыми и закрытыми. Открытые – это колодцы, оголовки которых возвышаются над поверхностью земли. Закрытые (потайные) колодцы устраивают под слоем грунта. Минимальный слой грунта над крышкой колодца должен быть более 0,9 м, чтобы не повреждать сооружение при проведении глубокого рыхления. Общая конструкция смотрового колодца показана на рис. 3.26.

В большинстве случаев смотровые колодцы устраивают из железобетонных колец с минимальным диаметром 1,0 м. Такой размер позволяет легко проводить очистку от наносов и внутренние ремонты сооружения. Однако не исключается применение других видов колодцев. Например, в ряде случаев (при небольших расходах воды, несущих грунках) с успехом могут функционировать колодцы из асбестоцементных, пластмассовых или железобетонных труб диаметром менее 1 м. Как и для других сооружений, для изготовления колодцев необходимо применять наиболее доступные и дешевые материалы.

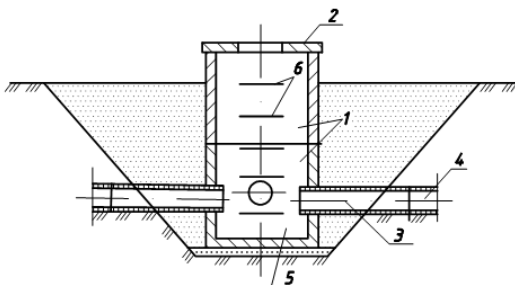


Рис. 3.26. Смотровой колодец:  
 1 – железобетонные кольца; 2 – крышка (с лазом);  
 3 – сопрягающие трубы (асбестоцементные);  
 4 – трубы проводящей сети; 5 – отстойная часть;  
 6 – ходовые скобы

*Колодцы-поглотители.* Условия применения колодцев-поглотителей изложены ранее. По конструкции сооружение несколько похоже на смотровой колодец. Однако различаются они между собой не только по назначению, но и по некоторым конструктивным элементам. В последние годы колодцы-поглотители устраивают из полиэтиленовых труб, которые перфорируют круглыми отверстиями и сверху покрывают фильтрами. Опыты, проведенные в РУП «Институт мелиорации», показали, что по эффективности удаления поверхностной воды такие конструкции не уступают железобетонным.

Колодец-поглотитель работает следующим образом. Вода с местного водосбора собирается в искусственном понижении вокруг колодца. Здесь уровень поднимается до верхнего края колодца, и вода перетекает внутрь. Оттуда по отводящему коллектору она удаляется за пределы мелиорируемого объекта.

Для того чтобы можно было также отводить грунтовые воды, в стенках колодца устраивают водоприемные отверстия, которые защищают фильтрами. Колодец при этом обсыпают хорошо водопроницаемым материалом.

*Устройства для регулирования уровней воды* предназначены для задержания стока воды на закрытых водотоках с целью регулирования уровней грунтовых вод. Заслуживают внимания автоматические регуляторы. Среди них имеются поплавковые, с гибкими шлангами, дроссельные, с телескопическими трубами, с шандорной стенкой и др. Применяются регуляторы, которые поддерживают уровень воды на

заданной отметке; также есть регуляторы, которые обеспечивают динамику уровней в определенных интервалах.

На рис. 3.27 показан поплавковый регулятор уровня воды с гибким клапаном. Этот регулятор устанавливается в железобетонном колодце. Уровень воды задается установкой фиксатора на штоке регулятора. Вместе с подъемом воды поднимается поплавок. Как только он достигает фиксатора, шток открывает гибкий клапан, установленный на отводящем коллекторе, и вода из колодца уходит в образовавшееся отверстие. По мере понижения уровня воды в колодце поплавок также перемещается вниз по штоку. Шток под своей тяжестью вновь закрывает коллектор, и цикл повторяется.

*Виды крепления откосов и дна каналов.* Если расчетная скорость движения воды в канале превышает размывающую, то прибегают к его креплению. В первую очередь, для этой цели используют местные строительные материалы: камень, хворост, жерди и только в особых случаях целесообразно устраивать крепления из железобетонных плит. К таким случаям относят участки на открытых каналах у гидротехнических сооружений: труб-перездгов, шлюзов-регуляторов и др. При выборе крепления необходимо проводить их сравнение и подбирать» надежный и эффективный материал.

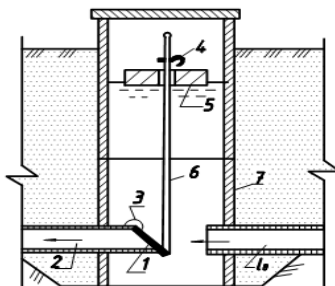


Рис. 3.27. Регулятор уровня воды в смотровом колодце:  
1 – гибкий клапан; 2 – отводящий коллектор; 3 – шарнир;  
4 – фиксатор; 5 – поплавок; 6 – шток; 7 – колодец

На рис. 3.28, *а* изображено крепление откосов канала хворостяным канатом, а на рис. 3.28, *б* – крепление плетневой стенкой. Длина колея для минеральных грунтов должна быть не менее 0,6–0,8 м. При креплении каналов в торфах целесообразно, чтобы колья проходили всю торфяную залежь и заглублялись в подстилающий мине-

ральный грунт. Диаметр колеев должен составлять 5–7 см. Расстояние между кольями в ряду должно быть 0,5 м. Крепление следует заглублять под дно канала не менее чем на 5 см, так как после придания каналу проектных размеров возможен вымыв разжиженного грунта. За креплением укладывают дернину травой к хворосту. Она необходима для предотвращения вымыва частиц грунта сквозь хворост и заиления канала.

С целью повышения производительности труда и снижения стоимости крепления откосов каналов применяют посев трав. Для этого на откосы наносят растительный грунт слоем до 5 см и вносят минеральные удобрения. Для нижней части откосов каналов на почвах среднего гранулометрического состава применяют следующие травы: канареечник (10 кг/га), костер безостый (15 кг/га), лисохвост луговой (10 кг/га), мятлик болотный (5 кг/га) и их травосмеси. Травосмесь для верхней части откоса обычно рекомендуется в составе клевера белого (5 кг/га), костреца безостого и лисохвоста лугового (по 10 кг/га), полевицы белой, овсяницы красной и тимофеевки (по 5 кг/га).

Посев трав проводят в летнее время, с мая по август, с таким расчетом, чтобы к зиме на откосах образовалась дернина. В засушливое время организуют полив откосов для ускорения прорастания семян трав. При креплении откосов каналов применяют также гидропосев трав. Для этого готовится смесь трав, удобрений и воды. В состав гидросмеси может входить тимофеевка луговая, овсяница красная, райграс пастбищный, мятлик луговой, кострец безостый и клевер красный – всего 45 кг/га. Из удобрений в смесь обычно включают аммиачную селитру, хлористый калий, суперфосфат и др. Эта смесь помещается в специальные емкости, из которых она под давлением разбрызгивается по откосам.

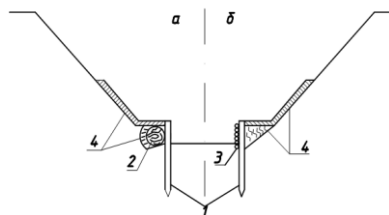


Рис. 3.28. Крепление каналов:  
*а* – хворостяным канатом (2);  
*б* – плетневой стенкой (3);  
*1* – колья; *4* – дерн

Следует отметить, что иногда одерновка откосов не может быть заменена гидропосевом трав даже несмотря на то, что она в 10–12 раз дороже, экологически не безвредна, трудно поддается механизации. Этот тип крепления в определенных условиях незаменим. Ученые Белорусского научно-исследовательского института мелиорации и луговодства создали искусственный материал и технологию изготовления искусственной дернины-биополотна, которую назвали биоковром.

Биоковер представляет собой два тонких полотна (на синтетической или органической основе), скрепленные специальными клеящими веществами, с семенами многолетних трав между ними. Материал выпускается как продукт, способный к биологическому разложению, полуразложению или на неразлагаемой основе, в виде полотен шириной от 1 до 2 м. Поставляется в рулонах длиной 60 м. Биополотно на полуразлагаемой и неразлагаемой основах применяется в основном для закрепления земляных сооружений, эксплуатируемых в течение длительного времени. Биополотно на органической основе способно к полному разложению и служит питательной средой для растений. Оно рассчитано в основном на озеленение городов и поселков.

Биоковры на неразлагаемой основе сохраняются более трех лет. Этого вполне достаточно для образования мощного травяного покрова, надежно защищающего откосы от ветровой и водной эрозии. Биоковер на разлагаемой основе при разложении сохраняет незначительный остаток в виде паутинообразной сетки. Испытание биополотна показало его полную безвредность для флоры и фауны. Оно предотвращает перенос радионуклидов из почвенного слоя через дернину.

Укладка и крепление биоковров на откосах земляных и водоотводящих сооружений не требует больших затрат труда и времени. При этом отпадает необходимость в применении специальной техники. Разработанная технология укладки биополотна исключает применение крепежных колышков из дерева или других материалов, что создает благоприятные условия для ухода за растениями.

*Мосты* строят на открытых каналах с расходами более 2,5 м<sup>3</sup>/с, а *трубы-переезды* – менее 2,5 м<sup>3</sup>/с.

*Сопрягающие сооружения* (перепады, быстротоки) применяют при недопустимых на размыв уклонах дна каналов.

*Шлюзы-регуляторы и трубчатые регуляторы-переезды* служат для создания требуемого влажностного режима почвы на прилегающих землях путем регулирования уровней воды в каналах и реках-водоприемниках.

Оградительные дамбы (затопляемые и незатопляемые) служат для защиты осушаемых земель в поймах от разлива рек на польдерных системах осушения (рис. 3.29).

На осушительных системах устраивается также эксплуатационная сеть (наблюдательные колодцы, гидрометрические посты), природоохранные сооружения и устройства, применяемые для охраны естественного ландшафта, рекреационного и других видов несельскохозяйственного использования земель, видового обогащения сельских ландшафтов, борьбы с эрозией почв (мосты и переходы для диких животных, памятники природы, заказники, гидротехнические противоэрозионные сооружения и др.).

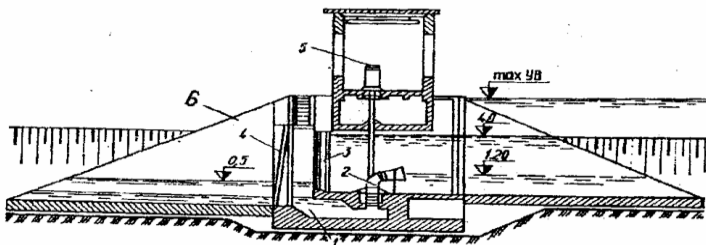


Рис. 3.29. Польдерная насосная станция совмещенного типа:  
 1 – всасывающий узел; 2 – насос; 3 – шлюзовые ворота;  
 4 – сороудерживающая решетка;  
 5 – электродвигатель; 6 – оградительная дамба

*Дороги на осушаемой территории.* Нормальное функционирование осушительной системы и эффективное использование осушаемых земель возможны только при наличии дорог. Их следует прокладывать сразу после окончания работ по регулированию водоприемника.

По своему назначению дороги делятся на следующие: *межхозяйственные*, соединяющие хозяйства с районными центрами, станциями железных дорог; *внутрихозяйственные*, соединяющие центральную усадьбу с межхозяйственными дорогами, отделениями; *эксплуатационные*, обеспечивающие осмотр, уход и ремонт осушительной системы и вывоз сельскохозяйственной продукции; *полевые*, соединяющие отдельные поля севооборота с основными эксплуатационными, внутрихозяйственными и межхозяйственными дорогами, предназначенные для вывоза урожаев с полей, развозки удобрений, проезда сельскохозяйственной техники.

Расположение дорог, особенно внутривладельческих, должно быть увязано с расположением осушительной сети, а их протяженность – по возможности минимальной.

На территории, осушаемой открытыми каналами, дороги проводят вдоль крупных каналов (по наиболее осушенным местам), а также на каждом участке между каналами. Если дороги не проходят вдоль проводящего канала, ее трассу осушают двумя параллельными каналами, нарезаемыми с обеих ее сторон, шириной 1,0–1,2 м. Ширину дорог принимают не менее 7 м, чтобы обеспечить проезд сельскохозяйственных машин и агрегатов. Полотна крупных дорог укрепляют гравием, щебнем и др.

На минеральных почвах дороги отсыпают из грунтов, взятых из кавальеров каналов, а на торфяниках – из минеральных, лучше песчаных.

Протяженность полевых дорог на 1 км<sup>2</sup> осушаемой территории допускается на овощных севооборотах 2,0–2,5 км, полевых – 1,0–1,4, на сенокосах и пастбищах – 0,5–0,7 км.

### **3.11. Эксплуатация осушительных систем**

Хорошо налаженная, четкая эксплуатация мелиоративных систем, осуществляемая по заранее разработанным планам и тесно связанная с агротехническими мероприятиями по правильному использованию мелиорируемых земель, является важнейшим условием ведения сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях, достижения на них проектного уровня продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур, расширенного воспроизводства плодородия почв и получения экологически чистой продукции.

Техническая эксплуатация мелиоративных систем – это комплекс работ и мероприятий, направленных на содержание в технически исправном состоянии всех элементов мелиоративной системы. Важнейшие виды работ: приемка в эксплуатацию мелиоративных и водохозяйственных объектов; водораспределение, регулирование водного режима почв; надзор за мелиоративной системой, технический уход за мелиоративными системами, эксплуатация гидротехнических сооружений, ремонт на мелиоративных системах, противопаводковые мероприятия, противопожарные мероприятия и др. Эксплуатация осушительных систем осуществляется на основе устава эксплуатационной службы с учетом правил технической эксплуатации осушительных систем. Техническая эксплуатация предусматривает планирование и учет работ, связанных с содержанием мелиоративных систем в ис-

правном состоянии, представление по ним документов установленной отчетности; оперативное регулирование водного режима почв; охрану и содержание в постоянной исправности мелиоративной сети и сооружений, обеспечение безаварийного сброса по каналам и сооружениям весенних и летне-осенних паводков; оказание организационной и технической помощи землепользователям в планировании и проведении эксплуатационных работ на внутрихозяйственной мелиоративной сети и сооружениях, контроль за их качеством и своевременностью проведения; контроль за своевременным выполнением хозяйствами-землепользователями противопожарных мероприятий на осушаемых торфяниках и организация тушения пожаров при их возникновении; ведение мелиоративного кадастра, учет состояния осушительных и оросительных систем, наличия и использования мелиорируемых земель; обеспечение проектной документацией выполняемых работ.

Осушительные системы подвергаются воздействию различных природных факторов (биологических, климатических и гидрологических). Каналы зарастают тростником, осоками, кустарником и другой влаголюбивой растительностью. Под действием аэробных бактерий интенсивнее разлагается торф. Откосы каналов при периодическом замерзании и оттаивании, под действием стекающей по ним воды постепенно оползают и обрушаются. При малых скоростях течения воды в каналах отлагаются наносы, они заиливаются. В результате осадки торфа после осушения поперечные сечения каналов деформируются, изменяется их продольный уклон, образуются перекааты и т. д.

На системах, осушаемых закрытым дренажем, часто наблюдаются повреждение и заилиние дрен и коллекторов, вращание корней растений в дрены и др. Устья коллекторов подмываются, оседают, земля обрушивается и засоряет выход в магистральный канал.

К основным мерам по обеспечению работоспособности осушительных систем в процессе их эксплуатации относят технический уход, текущий, капитальный и аварийный ремонты.

При выполнении технического ухода будет обеспечено устранение мелких повреждений, выполнение профилактических мероприятий в целях восстановления работоспособности элементов систем и сооружений. Основные объемы при техническом уходе составляют земляные работы, окашивание и очистка русла, в сумме занимающие более 70 % всех затрат по уходу.

Текущий ремонт производится в целях предотвращения дальнейшего интенсивного износа, а также для восстановления работоспособ-

ности и устранения повреждений мелиоративных систем, конструкций и инженерного оборудования сооружений.

Капитальный ремонт – ремонт, связанный с восстановлением основных физико-экономических и потребительских качеств мелиоративных систем, утраченных в процессе эксплуатации. При капитальном ремонте мелиоративных систем восстанавливают каналы, дамбы, плотины, перегораживающие водопропускные сооружения, очищают, ремонтируют или перекалывают дренажи, коллекторы, очищают водоприемники и т. д.

Аварийный ремонт включает в себя непредвиденные и неотложные работы по ликвидации разрушений каналов, дамб, дорог, сооружений и других элементов мелиоративных систем, возникающих в результате чрезвычайных ситуаций.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие виды земель нуждаются в осушении?
2. Какими признаками характеризуются источники водного питания?
3. Что такое режим осушения?
4. Назовите основные способы осушения земель в Беларуси.
5. Что называют осушительной системой и какие ее основные элементы?
6. Какие виды осушения относят к специальным?
7. Приведите характеристику агромелиоративных мероприятий.
8. Какие вы знаете способы увлажнения осушаемых земель?
9. Для каких целей на осушительных системах устраиваются гидротехнические сооружения и дороги?
10. Назовите виды ремонта осушительных систем.

## **4. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ**

### **4.1. Общие сведения об орошении**

#### **4.1.1. Потребность в орошении и его распространение**

*Оросительные мелиорации* как один из основных видов сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций представляют собой комплекс инженерных, агротехнических, природоохранных и организационных мероприятий, которые обеспечивают оптимальный водный ре-

жим в корнеобитаемом слое почвы (испытывающей в естественных условиях недостаток влаги) с целью воспроизводства почвенного плодородия для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Исходя из определения, оросительные мелиорации требуются, прежде всего, в тех регионах, где ощущается постоянный недостаток влаги в естественных условиях.

Площадь орошаемых земель в странах мира в последние 200 лет неизменно росла, она увеличилась более чем в 35 раз и в настоящее время составляет более 310 млн. га (Азия – 220, Америка – 32, Европа – 21, Африка – 12, Австралия и Океания – 2 млн. га). Первое место в мире по темпам развития орошения уверенно занимает Индия, где площадь орошения доведена до 113 млн. га. В Китае орошаются 48 % обрабатываемых земель (47,9 млн. га).

В Европе наибольшие площади орошаемых земель расположены в Италии – 3,0–3,5 млн. га), Испании – 3,5, Румынии – 3,0, Франции – 1,6, Болгарии – 1,35 млн. га.

Вместе с тем оросительные мелиорации в последнее время значительно продвинулись на север, «захватив» в том числе и Республику Беларусь. Это объясняется тем, что территорию Беларуси наиболее правильным будет отнести к зоне неустойчивого увлажнения. Осадки выпадают здесь неравномерно, и их часто не хватает для создания оптимальных условий для растений в отдельные периоды не только засушливых, средних, но и более влажных лет.

Целесообразность и эффективность орошения сельскохозяйственных угодий в республике обосновывается положительным производственным опытом применения этого мероприятия как на собственных, так и на соседних территориях (Польша, Германия, Скандинавские страны).

Начало производственного орошения в условиях Беларуси приходится на середину 60-х гг. Через тридцать лет (в конце 90-х) в хозяйствах страны оросительные системы имелись на площади более 150 тыс. га. На всей этой площади применялось дождевание. Причем для полива использовались и используются как природные, условно чистые воды, так и сточные воды животноводческих комплексов. Практически было доказано, что интенсификация общественного овощеводства в целом по республике и лугопастбищного хозяйства на легких почвах невозможны без применения оросительных мелиораций. Поскольку срок службы поливной техники ограничен, на 1 января

2006 г. площадь орошаемых земель сократилась до 114 тыс. га, а на 1 января 2020 г. оросительные системы в работоспособном состоянии находились на площади 8,3 тыс. га и на 7,6 тыс. га нуждались в реконструкции и восстановлении.

Среди перечня задач, которые необходимо решить для повышения эффективности орошаемого земледелия, первое место принадлежит правильному выбору объектов для строительства оросительных систем. Выбор объектов орошения в условиях республики необходимо производить в два этапа. На первом этапе в качестве ограничений должны выступать заданные энергетические и материальные ресурсы, необходимые объемы и структура дополнительной сельскохозяйственной продукции, а в качестве критерия сравнения – экономические показатели, например, приведенные затраты.

Оросительные мелиорации играют важную роль в увеличении объема сельскохозяйственной продукции. Орошаемые земли, составляя 16–17 % всех обрабатываемых земель в мире, дают более 50 % сельскохозяйственной продукции в денежном выражении. Опыты, выполненные в Беларуси, показали, что среднемноголетняя прибавка урожая среднепоздней и поздней капусты от орошения на минеральных почвах при высокой степени их окультуренности и повышенном агрофоне достигает в северной части республики 130 ц/га, а в южной – 200 ц/га. При обычном агрофоне этот показатель составляет 100–160 ц/га. В нашей зоне весьма эффективно орошение культурных пастбищ в сочетании с внесением повышенных доз минеральных удобрений. В отдельные засушливые годы урожайность зеленой массы на них может быть в 3 и более раз выше, чем на неорошаемых. Эффективно в этом регионе также орошать сады и ягодники интенсивного типа.

#### **4.1.2. Основные виды и способы оросительных мелиораций**

Разнообразие встречающихся условий (климатических, геоморфологических, топографических, почвенных, гидрогеологических и хозяйственно-экономических) в разных зонах предполагает применение различных видов, способов и техники орошения земель.

В зависимости от конкретных почвенно-климатических условий и местоположения объекта, а также требований, предъявляемых сельскохозяйственным производством к орошению, оросительные мелиорации подразделяются на следующие три вида:

1. *Регулярно действующее орошение* – подача воды на орошаемую площадь столько раз, сколько раз возникает ее дефицит в почве. Может быть самотечным и с механическим подъемом воды (из рек, водохранилищ и др.).

2. *Однократно действующее орошение* – задержание на площади местного стока воды. Может быть паводковым (использование паводковых вод) и лиманным (использование задерживаемых талых вод весеннего стока).

3. *Обводнение местности* – заключается в устройстве водохранилищ, каналов, артезианских скважин, вода из которых используется в основном для хозяйственных нужд, сельскохозяйственного водоснабжения и частично для орошения небольших участков.

В зависимости от назначения и воздействия на почву и растения поливы делятся на *увлажнительные* (основной вид оросительных мелиораций) и *специального назначения*. К последним относятся посадочные, удобрительные, противозаморозковые, влагозарядковые, промывочные и другие виды поливов.

Кроме того, орошение подразделяется на *выборочное* и *сплошное*. Орошение проводится выборочно при недостатке водных ресурсов (чаще всего используются воды местного стока) и когда полив требуется не для всех культур севооборота. В зоне крупных оросительных систем при гарантированных водосточниках имеется возможность проводить орошение на больших территориях и для всех культур. Такое орошение называется сплошным.

В основе применения выборочного и сплошного орошения лежат не только почвенно-климатические особенности района, где расположено хозяйство, но и организационно-хозяйственные и экономические условия. Так, для Беларуси характерно выборочное орошение, прежде всего овощей, кормовых угодий, садов и ягодников. Орошение других культур, например зерновых, в этом регионе на данном этапе развития сельскохозяйственного производства пока экономически невыгодно.

По степени приближения интенсивности водоподачи, осуществляемой конкретной техникой полива, к интенсивности потребления воды орошаемым полем различают:

*абсолютно синхронное орошение* – водоподача полностью соответствует изменяющейся интенсивности водопотребления на протяжении как суток, так и всего сезона;

*синхронное орошение* – монотонная водоподача в течение суток в соответствии со среднесуточной интенсивностью водопотребления;

*асинхронное орошение* – периодическая (с перерывами) водоподача,

интенсивность которой больше мгновенной и среднесуточной интенсивности водопотребления.

Каждому виду оросительных мелиораций соответствуют свои способы и техника орошения. *Способ орошения* – это совокупность приемов, устройств и технического оборудования, применяемых для распределения воды по орошаемому полю, чтобы увлажнить приземный слой воздуха и растения, ввести воду в почву, перевести ее из состояния поливного тока в состояние почвенной влаги, т.е. обеспечить растения необходимым количеством воды. *Техника полива* включает конкретные технические средства и технологию реализации способа орошения.

На IX Международном конгрессе по ирригации и дренажу в Мехико (1969 г.) принята следующая классификация способов орошения (рис. 4.1): аэрозольное (мелкодисперсное) увлажнение, дождевание, поверхностное орошение, внутрипочвенное орошение (в том числе капельное), подпочвенное увлажнение (субиригация).



Рис. 4.1. Классификация способов орошения

При *аэрозольном (мелкодисперсном) увлажнении* вода распыляется над поверхностью почвы в виде капель очень малого размера (туман). Такое увлажнение обеспечивает практически только повышение влажности приземного слоя воздуха и снижение его температуры, что очень важно для борьбы с атмосферной засухой. В случае *дождевания* вода подается на орошаемую площадь в виде искусственного дождя, увлажняя как почву, так и надземные части растений. При *поверхностном орошении* вода распределяется по поверхности поля либо напуском сплошным тонким слоем (полив по полосам и затопление), либо струей (полив по бороздам). В процессе *внутрипочвенного орошения* корнеобитаемый слой почвы увлажняется по трубам-увлажнителям или кротовинам, устроенным на небольшой глубине, или

путем медленной (как бы капля за каплей) и длительной подачи воды с помощью капельниц (*капельное орошение*). При *подпочвенном увлажнении (субирригации)* задерживают воду в каналах или подают дополнительно в них воду, чем повышают уровень грунтовых вод, от которых по почвенным капиллярам увлажняется поверхностный слой почвы.

Правильный выбор способа предопределяет конструкцию и стоимость оросительной системы, эффективность орошения, включая производительность труда на поливе, мелиоративное состояние орошаемого массива, урожайность сельскохозяйственных культур и себестоимость получаемой продукции. Как свидетельствует опыт, ни один из способов орошения не может быть приемлемым для всех ситуаций. В каждом случае способ должен выбираться в соответствии с конкретными природно-климатическими и социально-экономическими условиями.

При выборе способа орошения необходимо учитывать следующие основные факторы:

климатические условия (увлажненность территории и скорость ветра). Например, в острозасушливой зоне, где дефицит влажности воздуха и почвы значительный, дождевание малоэффективно. Затруднено его применение и при большой силе ветра;

почвенные условия (скорость впитывания поливной воды в почву, коэффициент фильтрации, глубина почвенного слоя и степень окультуренности почв). Так, дождевание не рекомендуется на слабопроницаемых почвах;

рельефные условия (уклон и спланированность поверхности);

гидрогеологические условия (глубина залегания и минерализация грунтовых вод);

хозяйственные условия (наличие трудовых ресурсов, опыт людей при работе на поливе, степень механизации полевых работ, система земледелия, обеспечение высокой производительности труда);

режим орошения (допустимые нормы, сроки и количество поливов);

биологические условия (характер развития надземной части и корневой системы растений, длительность вегетационного периода);

водохозяйственные показатели (обеспеченность хозяйства водой, качество оросительной воды, размеры поливных участков);

экономические показатели (капитальные и эксплуатационные затраты).

Предпочтение следует отдавать тем способам и той технике полива, которые обеспечивают более высокую производительность труда, автоматизацию водораспределения, поддержание орошаемых земель в хорошем мелиоративном состоянии и высокие экономические показатели.

В гумидной зоне преобладает дождевание (90 %), в аридной – поверхностный способ полива (98 %), в субаридной зоне широко применяется как дождевание (53 %), так и поверхностное орошение (47 %).

В последние годы благодаря развитию промышленности, способной производить штампованные пластиковые трубы с набором разбрызгивателей и капельниц, наступил новый этап эры орошения – развитие энергоэкономичных и водосберегающих *микроирригационных методов*. Их сущность заключается в увлажнении участка почвы только вокруг растения. Микроирригационные методы используют поток воды под давлением в закрытых трубах для ее дальнейшей подачи в почву через насадки, капельницы и другие выпускные устройства. Преимущество этого орошения заключается в том, что оно требует более низких давлений и меньшего количества воды, чем обычное дождевание.

Различают два способа микроирригации – *микроразбрызгивание* (микродождевание) и *капельное микроорошение*. При микродождевании вода через соответствующие насадки разбрызгивается в воздухе вблизи каждого растения или группы растений и таким образом увлажняет определенную часть почвы на небольшом участке (например, вокруг дерева в фруктовом саду). В свою очередь, капельница является точечным источником воды и увлажняет определенный участок почвы путем прямой доставки воды в корневую систему растения. Эти системы орошения подходят для высококоротельных культур, посаженных рядами (овощи, технические культуры, сады, ягодники).

В условиях Республики Беларусь в настоящее время основным способом орошения является дождевание, которое в большей степени отвечает ее природно-климатическим и социально-экономическим особенностям.

#### **4.1.3. Оросительные системы**

Конструкции и расположение оросительных систем зависят от многих факторов: хозяйственных, климатических, геоморфологических и гидрогеологических условий территории, вида, способа и техники оро-

шения, технологии полива, вида водоисточника. В странах СНГ наиболее распространены регулярно действующие оросительные системы, которые воду на поля могут подавать в любое время и в необходимых (расчетных) количествах.

Под *оросительной системой* понимается территория, оборудованная каналами, трубопроводами, сооружениями и различными устройствами, обеспечивающими возможность своевременного забора из водоисточника, подачи и распределения воды по орошаемым участкам в целях поддержания в корнеобитаемом слое заданного уровня (диапазона) влажности почвы в соответствии с природными условиями каждого участка и требованиями выращиваемых культур (рис. 4.2).

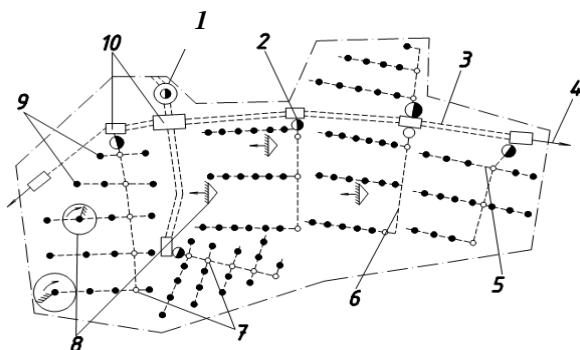


Рис. 4.2. Схема закрытой оросительной сети:

- 1 – головная насосная станция;
- 2 – насосная станция подкачки;
- 3, 5, 6 – магистральный, распределительный и хозяйственный трубопроводы; 4 – концевые сбросы;
- 7 – колодцы с задвижками; 8 – дождевальные машины;
- 9 – гидранты; 10 – регулирующие бассейны

В общем случае элементы каждой регулярно действующей оросительной системы следующие:

*источник орошения* (река, ручей, водохранилище, озеро, подземные воды), который должен удовлетворять количественным потребностям орошаемого массива в доброкачественной воде;

*головное водозаборное сооружение*, предназначенное для забора и подачи воды из источника орошения в главный магистральный канал (трубопровод) в нужные сроки и в потребном количестве;

*главный магистральный оросительный канал* (трубопровод), доставляющий воду из источника орошения в распределительные каналы (трубопроводы). Состоит из двух частей: холостой (до первого распределителя) и рабочей, на протяжении которой от него отходят распределители;

*распределительные проводящие каналы* (трубопроводы). Различают проводящие каналы межхозяйственные (забирающие воду из магистрального канала или трубопровода для орошения земель нескольких хозяйств) и внутривладельческие, которые обслуживают одно хозяйство;

*регулирующая оросительная сеть* и оросительные устройства, назначение которых – распределять воду по полю и переводить ее в состояние почвенной влажности. К ним относятся временные оросители, возобновляемые ежегодно или перед каждым поливом, поливные борозды и полосы, чеки, постоянные и переносные трубопроводы, дождевальные машины и установки, а при внутривладельческом орошении – трубы-увлажнители;

*водоотводная сеть*, которая подразделяется на сбросную (необходимую для отвода ливневых и талых снеговых вод и сброса воды, остающейся после полива в каналах и трубопроводах) и дренажную (предназначенную для сбора и отвода промывных, а также избыточных грунтовых вод, чтобы предупредить заболачивание и засоление корнеобитаемого слоя);

*арматура* на каналах и трубопроводах предназначена для управления движением воды в системе;

*искусственные сооружения* – дороги, телефонная и электрическая сеть, производственные постройки, предназначенные для эксплуатации оросительной системы;

*защитные лесополосы* – для затенения каналов и предохранения полей от вредного воздействия ветров.

Основным элементом оросительной системы следует считать *орошаемые земли* со всеми их особенностями (почвы, рельеф и др.), так как от них в существенной степени зависят состав, количество и конструкция других элементов. С агропроизводственной стороны оросительную систему можно рассматривать как часть сельскохозяйственного производственного комплекса, предназначенного для искусственного орошения полей с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

По распределению воды по площади оросительные системы могут быть *межхозяйственные*, обслуживающие большие территории и ох-

ватывающие несколько хозяйств, и *внутрихозяйственные* – в пределах границ одного хозяйства. По способу водоподачи из источников орошения бывают системы *самотечные*, где орошаемые земли расположены ниже горизонта воды в источнике орошения и вода поступает на поля самотеком; с *механическим водоподъемом*, когда орошаемый массив находится выше горизонта воды в источнике и подача воды осуществляется насосной станцией; *самотечно-напорные*, в которых вода самотеком транспортируется по закрытым трубопроводам за счет напора, создаваемого естественным уклоном местности. По конструкции оросительные системы подразделяются на три основных типа: *открытые*, состоящие из открытых каналов или лотков, *закрытые* – из напорных или безнапорных трубопроводов, *комбинированные*, включающие в себя элементы первого и второго типов. Выбирать тип оросительной системы во всех случаях необходимо с учетом конкретных технико-экономических, почвенно-климатических и других условий.

В Республике Беларусь применяются в основном закрытые оросительные системы с механическим водоподъемом и дождевальной техникой как наиболее отвечающие требованиям сельскохозяйственного производства и природным условиям этой территории.

По степени капитальности оросительные системы подразделяются на *передвижные*, у которых все элементы системы – насосные станции, оросительная сеть (разборная или временная) и поливная техника – в процессе полива перемещаются по орошаемой площади; *стационарные*, где водозаборные сооружения, насосные станции, оросительная сеть и поливная техника занимают постоянное положение; *полустационарные* системы, находящиеся в промежуточном положении, когда водозаборные сооружения, насосные станции и оросительная сеть стационарны, а поливная техника перемещается по полю в процессе полива.

#### **4.1.4. Водопотребление сельскохозяйственных культур**

В подразделе 2.3 рассмотрены требования сельскохозяйственных культур к водному режиму почвы и установлены так называемые «верхняя» и «нижняя» границы биологически оптимальной ее влажности. Кроме этих границ для расчета режима орошения необходимо знать водопотребление (эвапотранспирацию) орошаемого сельскохозяйственного поля. *Эвапотранспирация* представляет собой суммарный расход влаги полем, занятым той или иной сельскохозяйственной культурой. В него включается *транспирация* растений и испарение с поверхности почвы – *эвапорация*.

Фактическая эвапотранспирация зависит от внутренних и внешних факторов развития сельскохозяйств и может быть выражена (по А. Р. Константинову) как

$$E = f \cdot (E_0, W, F), \quad (4.1)$$

где  $E$  – фактическая эвапотранспирация;

$E_0$  – испаряемость;

$W$  – влагозапасы почвы;

$F$  – внутренние факторы.

В приведенной функциональной зависимости под внутренними факторами понимаются биологические свойства растений, включая вид и сорт, фазу развития и состояние, зависящие от уровня плодородия почвы. К внешним факторам относятся погодные условия, которые характеризуются испаряемостью и влагозапасами почвы. Различные приемы агротехники оказывают лишь косвенное влияние на водный режим культурных растений.

Наиболее достоверные данные о водопотреблении растений получают путем непосредственных полевых измерений, изучения водного и теплового балансов. В этом случае обязательны длительные и многочисленные наблюдения в различных почвенно-климатических и хозяйственных условиях. При отсутствии таких опытных данных, на получение которых необходимо затрачивать много труда и времени, прибегают к расчету величины водопотребления, используя различные методы.

*Метод водного баланса* определения водопотребления основан на использовании уравнения водного баланса орошаемого поля и решении этого уравнения относительно величины эвапотранспирации. Общий вид уравнения водного баланса описывается зависимостью (4.1). Точность определения водопотребления методом водного баланса в большой степени зависит от точности определения (измерения) входящих в уравнение составляющих. Метод рекомендуется при глубоком залегании грунтовых вод. Недостаток метода водного баланса заключается в том, что он дает лишь осредненные величины эвапотранспирации, не выявляя зависимость водопотребления от биологических, погодных и других факторов жизни растений.

*Метод водного баланса монолитов* при определении водопотребления подразделяется на *метод испарителей* и *метод лизиметров*. *Метод испарителей* основан на использовании сосудов (цилиндров) с водонепроницаемыми дном и стенками, в которые помещают почвенные монолиты. Водопотребление определяют по изменению массы

почвенного монолита испарителя с произрастающей на нем сельскохозяйственной культурой за конкретные промежутки времени. *Метод лизиметров* в отличие от метода испарителей учитывает вертикальный влагообмен в монолите. С этой целью в лизиметрах автоматически поддерживается нужная глубина грунтовых вод с помощью воды во внешнем сосуде. Расход воды из почвенного слоя лизиметра можно рассчитывать по изменению влажности почвы во времени взятием почвенных образцов или другими известными способами. *Метод теплового баланса* основан на использовании уравнения теплового баланса поверхности земли и решении этого уравнения относительно величины водопотребления:

$$E = (R - B - S) / L, \quad (4.2)$$

где  $R$  – радиационный баланс;

$B$  – теплообмен в почве (количество тепла, идущее на нагревание почвы);

$S$  – турбулентный теплообмен поля с атмосферой;

$L$  – скрытая теплота испарения (парообразования).

Метод позволяет определить водопотребление за короткие промежутки времени, наиболее удобен для изучения взаимосвязи его с основными составляющими тепло- и влагообмена. Однако широкое применение метода ограничено в связи с трудоемкостью и громоздкостью нахождения составляющих уравнения теплового баланса, большими ошибками в определении водопотребления в вечерние, ночные и утренние часы, а также в пасмурные дни.

*Расчетные методы* основаны на установлении корреляционной зависимости между эвапотранспирацией и одним или группой показателей, определяющих величину водопотребления.

До настоящего времени в практике находит применение метод А. Н. Костякова, основанный на использовании плановой урожайности и коэффициента водопотребления (табл. 4.1), который получают опытным путем. Водопотребление  $E$  находят по зависимости

$$E = K_B \cdot Y, \quad (4.3)$$

где  $K_B$  – коэффициент водопотребления (количество единиц воды, потребляемое на выращивание единицы урожая) данной культуры, отвечающий определенным климатическим условиям, уровню плодородия почвы, агротехнике и урожайности;

$Y$  – планируемая урожайность.

Таблица 4.1. Коэффициенты водопотребления овощных культур в зависимости от урожая

Культуры	У, т/га	К <sub>в</sub> , м <sup>3</sup> /т
Капуста ранняя	25	90
	40	70
Капуста поздняя	40	90
	90	40
Томаты, огурцы	15	220
	25	140
Лук	10	250
	20	130
Морковь	30	120
	50	70
Свекла	25	120
	40	80

Коэффициенты водопотребления (табл. 4.1) уменьшаются с повышением плодородия почвы и увеличением урожая с единицы площади. Они зависят от большого количества факторов (метеоусловия, уровень агротехники, сорт растений, урожайность, плодородие и др.) и изменяются в больших пределах, что затрудняет получение их соответствующих значений. Кроме того, этот метод не может быть использован для определения водопотребления в отдельные периоды вегетации растений.

Наиболее распространены методы расчета водопотребления с помощью биологических кривых. Как считает А. Р. Константинов, использование биологических кривых при нормировании орошения и в первую очередь для расчета водопотребления является наиболее обоснованным и универсальным подходом. При этом учитываются все основные факторы, определяющие величину водопотребления сельскохозяйственных культур: их биологические особенности, погодные условия и влагозапасы почвы.

Во многих странах при расчетах водопотребления и поливного режима широко применяется биоклиматический метод, теоретически обоснованный А. М. Алпатьевым и доведенный С. М. Алпатьевым до практического применения. Согласно этому методу, водопотребление за *i*-й период рассчитывается по формуле

$$E_i = K_i \sum d_i, \quad (4.4)$$

где  $K_i$  – биологический коэффициент водопотребления, изменяющийся в онтогенезе (по расчетным *i*-м периодам) по характерной для каждого вида растений кривой, мм/мб;

$\Sigma d_i$  – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за рассматриваемый  $i$ -й период, мб.

Дефицит влажности воздуха представляет собой разность между упругостью насыщенного пара при данной температуре и упругостью фактически содержащегося в воздухе водяного пара, измеряется в миллибарах.

По формуле С. М. Алпатьева водопотребление можно найти как в целом за период вегетации, так и за отдельные периоды (месяц, декада, пентада, сутки). Точность определения величины водопотребления в значительной степени зависит от точности применяемых биологических коэффициентов. Причем эти коэффициенты имеют не только зональную, но и погоднo-климатическую вариацию, т. е. в условиях одной и той же зоны изменяются в зависимости от погодных условий, что необходимо учитывать при расчетах водопотребления (рис. 4.3). Поэтому биологические коэффициенты зачастую называют биоклиматическими.

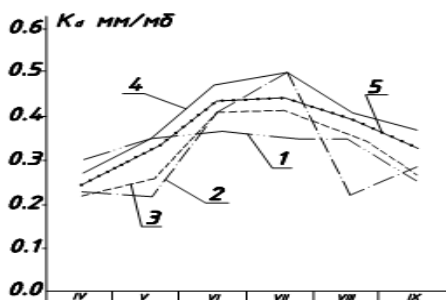


Рис. 4.3. Изменение биоклиматических коэффициентов (мм/мб) суммарного испарения яблоневым садом по данным различных авторов:

- 1 – С. А. Яковлев (схема посадки  $10 \times 10$  м, возраст 21–25 лет, Запорожская область);
- 2 – И. С. Флюрце ( $4 \times 2,5$  м, 2–4 года, Молдавия);
- 3 – В. И. Статюк ( $7 \times 7$  м, 12–14 лет, лесостепь Украины);
- 4 – М. Г. Голченко, Т. Д. Лагун ( $6 \times 4$  м, Беларусь 2–4 года)

Из зарубежных методов расчета водопотребления сельскохозяйственных культур можно отметить экспериментальную формулу Блейни и Кридла (США). Во Франции пользуются формулами Торнтвейта и Тюрка. Находит применение за рубежом и целый ряд других методик, известных как формулы Ольдекопа, Пенмана, Клатта и др.

В целом при выборе метода определения водопотребления сельскохозяйственных культур необходимо учитывать также простоту его использования и наличие требуемых исходных данных для расчетов. Во всех рассмотренных методах в основу поддержания оптимального водного режима положены традиционные способы орошения (дождевание, поверхностное орошение), которые обеспечивают увлажнение всей поверхности поля.

При применении других способов орошения, например внутривредного или капельного, испарение с поверхности почвы сводится к минимуму, а водопотребление зависит в основном лишь от транспирации растений. В данном случае водопотребление можно установить методами непосредственного измерения или с помощью поправочных коэффициентов.

## **4.2. Режим орошения сельскохозяйственных культур**

### **4.2.1. Классификация режимов орошения**

В широком понимании режим орошения сельскохозяйственных культур – это совокупность поливных и оросительных норм, сроков и количества поливов, их распределение внутри вегетационного периода, а также продолжительность поливных и межполивных интервалов при конкретных климатических, почвенных и агротехнических условиях.

Для севооборотных участков, кроме того, важным элементом режима орошения является расчетная величина ординаты укомплектованного графика *гидромодуля*. Режим орошения (поливной режим) является основой для составления проектов орошения земель, так как от него зависят размеры, конструкция и характер работы оросительных систем.

В зависимости от целей применения, способов установления и других условий режимы орошения могут различаться по многим признакам. В зоне неустойчивого увлажнения необходимо учитывать следующие критерии и показатели.

*Степень укрупнения.* Режимы орошения могут укрупняться по культурам, почвам, площади и во времени.

Различают по этому признаку индивидуальный и групповой режимы орошения. *Индивидуальный режим* орошения рассчитывается для конкретной сельскохозяйственной культуры с учетом почвенно-климатических и других условий, а также техники и технологии полива.

Это основной вид режима орошения, он является базой для всех других. *Групповой режим* орошения рассчитывается (разрабатывается) для совокупности культур в севообороте с учетом структуры посевных площадей. Выражается он чаще всего динамикой изменения во времени оросительного гидромодуля или величиной средневзвешенной оросительной нормы на один структурный гектар севооборотной площади.

Режимы орошения могут определяться для конкретной почвенной разновидности или как средневзвешенные для основных разновидностей почв, на которых выращивается одна или несколько культур.

По площади (масштабам применимости) режимы орошения могут разрабатываться в привязке к конкретному орошаемому массиву или метеостанции, по данным которых они рассчитываются, а также как средневзвешенные для определенных территорий: административных структурных единиц (республика, область), гидролого-климатических зон, речных бассейнов, природно-экономических районов.

Под укрупнением во времени имеется в виду разработка режимов орошения для групп лет различной естественной увлажненности (сухих, средних, влажных и т. д.) или для лет конкретной обеспеченности.

*Критерии оптимальности.* Выделяют следующие режимы орошения: биологически оптимальные, экономически обоснованные, экономически целесообразные, агроэкологически сбалансированные, хозяйственно-возможные и под планируемый (программируемый) урожай.

*Биологически оптимальный* – это такой режим орошения, который обеспечивает оптимальные водный и воздушный режимы почв, создавая условия для получения максимально возможной урожайности в определенной природной среде и при определенном способе полива.

*Экономически обоснованный* режим орошения должен быть подтвержден технико-экономическими расчетами. Он разрабатывается для проектируемых оросительных систем с целью оптимизации их параметров, обоснования площадей и объемов воды для орошения.

*Экономически целесообразный* режим орошения применяется тогда, когда лимитирующим фактором являются ресурсы (чаще всего ограничивается водоподача), но орошение все еще экономически целесообразно.

*Агроэкологически сбалансированный* режим орошения имеет место, когда при проведении поливов исключены переувлажнение, эрозия, поверхностный и внутripочвенный сток из расчетного слоя (слоя регулирования почвенных влагозапасов). При этом гарантируется задан-

ный водный режим почвы и созданы условия для воспроизводства почвенного плодородия по всей орошаемой площади.

*Хозяйственно-возможный* режим орошения формируется с учетом наличия трудовых ресурсов, их квалификации, оснащенности хозяйств сельскохозяйственной и поливной техникой и характеризуется, как правило, заниженным количеством поливов. Однако он не должен быть хуже экономически целесообразного.

Режим орошения может быть разработан также под конкретную величину планируемого (программируемого) урожая.

*Этапы производственного применения.* Режимы орошения могут разрабатываться для технико-экономических обоснований проектов (ТЭО), для комплексного использования и охраны водных ресурсов, а также для проектов оросительных систем и для организации поливов при их эксплуатации. Эксплуатационные режимы разрабатываются с учетом всех климатических, организационно-хозяйственных и других условий, которые возникают или могут возникнуть в процессе эксплуатации оросительных систем.

*Способы установления.* Режимы орошения устанавливаются на основании специальных полевых исследований (*опытные*), обобщения производственной деятельности передовых хозяйств (*производственные*) и с помощью расчетных методов (*расчетные*) с применением тех основных показателей, от которых зависят режимы орошения. В связи с отсутствием в достаточном количестве производственных и экспериментальных данных, особенно в зоне неустойчивого увлажнения, на практике наибольшее распространение получили расчетные способы определения режимов орошения. Перспективность расчетных методов, в частности с использованием метеорологических показателей, подчеркивалась на Международных конгрессах по ирригации и дренажу.

*Учет потерь воды.* Нормы орошения могут определяться без учета потерь (*брутто*) и с учетом потерь воды (*нетто*).

*Способы орошения.* Режимы орошения должны соответствовать способам и технике орошения. Например, в зоне неустойчивого увлажнения режимы орошения могут быть для обыкновенного дождевания с учетом применяемой техники, импульсного дождевания, подпочвенного увлажнения (субирригации), капельного орошения.

*Периоды действия.* Режимы орошения подразделяются на текущие и перспективные. *Текущие режимы* орошения предназначены для текущего планирования и проектирования, разработки водных балансов,

контроля за использованием воды потребителем. *Перспективные режимы* орошения разрабатываются с учетом прогноза изменения влияющих факторов (почвенно-гидрологических условий, реконструкции старых и иногда новых систем и т. д.). Используются для прогнозирования потребности в воде на будущее. По уровням планирования перспективные режимы орошения могут быть среднесрочными (5 лет), долгосрочными (10 лет) и прогнозными (20 лет).

*Назначение.* Режимы орошения подразделяются на *увлажнительные*, задача которых состоит в постоянном поддержании оптимального водного режима, и поливы *специального назначения* (посадочно-предпосевные, влагозарядковые, промывные, противозаморозковые, освежительные, удобрительные, провокационные и совмещенные).

*Качество воды.* Можно выделить режимы орошения с использованием природных вод (из реки, ручьев, подземных вод, прудов и т. д.), сточных бытовых вод и животноводческих стоков.

*Гидрогеологические условия.* Различают режимы орошения при близком залегании грунтовых вод (менее 3 м), определяемые с учетом подпитывания корнеобитаемого слоя почвы, и при глубоком залегании грунтовых вод (более 3 м).

*Биологические свойства культур.* С учетом биологических свойств культур режимы орошения подразделяются на *постоянные* (монотонные) и *дифференцированные*. В первом случае поливы проводятся за весь период вегетации по одному неизменному порогу предполивной влажности почвы с одинаковой глубиной увлажняемого слоя. При дифференцированном режиме уровень предполивной влажности почвы и (или) глубина увлажняемого слоя изменяются на протяжении вегетационного периода.

*Внутрисезонное распределение.* По характеру этого показателя режимы орошения могут быть установлены на примере типичного года (*типовые*) и соответствовать наиболее вероятному распределению норм орошения по декадам, месяцам, фазам развития культур, а также устанавливаться в соответствии с текущими погодными условиями конкретного года (*оперативные*). Научно обоснованное определение режимов орошения можно рассматривать как залог высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и необходимое условие поддержания на орошаемых землях благоприятной гидрогеологомелиоративной обстановки.

#### 4.2.2. Элементы режима орошения

*Текущий расчет режима орошения* состоит, прежде всего, в определении его основных составных элементов – поливной нормы, сроков полива, продолжительностей поливного периода, межполивного интервала и поливного цикла – по заданным исходным показателям.

Главным составным элементом режима орошения является *норма полива (поливная норма)* – это объем или слой воды, подаваемый на единицу площади (1 га) для разового ее увлажнения. Различают поливные нормы нетто и брутто.

Под *поливным периодом* понимается продолжительность одного полива орошаемой площади (участка).

*Межполивной интервал* считается от момента завершения текущего и до момента начала следующего за ним полива площади (участка).

*Поливной цикл* включает в себя (суммирует) поливной период и следующий за ним межполивной интервал, т. е. продолжается от начала данного полива площади (участка) и до момента начала следующего за ним полива.

*Предполивной уровень влажности почвы* – это тот уровень влажности (почвенных влагозапасов), с которого начинается текущий полив данного участка площади. Предполивной уровень почвенных влагозапасов на первом участке площади (с которого начинается ее полив) называется *начальным предполисным уровнем*.

Под *поливной нормой нетто* следует понимать количество поливной воды (в м<sup>3</sup>/га или мм), переведенное из проточного состояния в почвенные влагозапасы корнеобитаемого слоя в течение одного полива. *Поливная норма брутто* учитывает различные виды потерь (сток, испарение и др.).

При определении величины поливной нормы нетто исходят из ограничительного соотношения

$$m \leq W_{\text{вп}} - W_{\text{пу}}, \quad (4.5)$$

где  $m$  – норма полива нетто;

$W_{\text{вп}}$  – верхний предел регулирования почвенных влагозапасов;

$W_{\text{пу}}$  – предполивной уровень почвенных влагозапасов (содержание влаги в почве перед поливом).

В свою очередь, известно, что содержание влаги в почве можно определить по ее влажности:

$$W = 0,1\beta \gamma h \text{ или } W = 0,1\beta^{об}h, \quad (4.6)$$

где  $W$  – запасы почвенной влаги в расчетном слое, мм;

$\beta$  – влажность почвы, % от ее сухой массы;

$\gamma$  – объемная масса почвы, г/см<sup>3</sup>;

$h$  – мощность расчетного слоя, см;

$\beta^{об}$  – влажность почвы, % от ее объема.

Подставляя в соотношение (4.5) выражение влагозапасов через физические характеристики почвы (4.6), получим расчетные уравнения для определения верхнего предела поливной нормы:

$$m = 0,1\gamma h(\beta_{вп} - \beta_{пу}) = 0,1h(\beta^{об}_{вп} - \beta^{об}_{пу}), \quad (4.7)$$

где  $\beta_{вп}$  – верхний предел регулирования почвенной влажности, % от массы почвы;

$\beta^{об}_{вп}$  – то же, % от объема;

$\beta_{пу}$  – влажность почвы перед началом полива площади, % от ее сухой массы;

$\beta^{об}_{пу}$  – то же, от объема.

Именно формулы вида (4.7) рекомендованы А. Н. Костяковым для практического применения.

Для регионов, где орошение необходимо только в отдельные периоды вегетации, есть опасность переувлажнения в результате совпадения во времени поливов и дождей. Здесь увлажнять рекомендуется только верхний (чаще всего 0–50 см) слой почвы. Поливные нормы нетто в таких условиях составляют 10–30 мм (100–300 м<sup>3</sup>/га). Меньшие из указанных пределов характерны для легких и более тяжелых по гранулометрическому составу почв, а большие – для средних (табл. 4.2).

Поливная норма брутто

$$m^{бр} = \frac{m}{\eta_m}, \quad (4.8)$$

где  $\eta_m$  – коэффициент (меньше единицы), учитывающий потери поливной воды в процессе полива (коэффициент использования воды на поле).

При дождевании эти потери складываются из затрат: на испарение из дождевальных струй (дождевого облака) в воздухе, на смачивание вегетативной массы растений и испарение с ее поверхности в процессе полива, а также на унос дождевых капель ветром за пределы орошаемой площади. При поверхностных поливах потери проявляются в виде сбросов на инфильтрацию и на водоотведение в нижней части поля.

Поливные нормы в значительной степени зависят от способа и техники полива. Например, при поверхностном поливе нормы значительно выше (в два и более раза), чем при дождевании, что обусловлено требованием равномерного распределения поливной воды по полю. В свою очередь, при дождевании нормы полива необходимо сопоставлять с допустимыми пределами, которые еще обеспечивают экологическую сбалансированность (требуемое качество) полива.

Таблица 4.2. Рекомендуемые нормы полива сельскохозяйственных культур на минеральных почвах в зоне неустойчивого увлажнения, мм

Культуры	Почва			
	Супесчаная	Легко-суглинистая	Средне-суглинистая	Тяжело-суглинистая
Многолетние травы, пастбища	20–25 20–25	25–30 25–30	25–30 25–30	20–25 20–25
Капуста	10–15 15–25	15–25 25–30	20–25 25–30	15–20 20–25
Картофель	15–20 20–25	20–25 25–30	20–25 25–30	15–20 20–25
Свекла столовая, морковь	10–20 20–25	20–25 25–30	20–25 25–30	15–20 20–25

Примечание. В числителе приведены поливные нормы для первой половины вегетации, в знаменателе – для второй.

Под *оросительной нормой* понимается количество воды ( $\text{м}^3/\text{га}$  или мм), которое необходимо подать на поле дополнительно к выпадающим атмосферным осадкам, чтобы поддерживать почвенные запасы корнеобитаемого слоя в заданных пределах в течение вегетационного периода. Оросительная норма суммирует в себе все поливные нормы, поступившие на площадь за *оросительный период*, т. е. за ту часть вегетации, в течение которой существовала необходимость в орошении или готовности к нему, считая от начала поливов и до их завершения. Поэтому оросительную норму относят к суммирующим характеристикам режима орошения.

Обеспечивая благоприятный водный режим в засушливый период вегетации, орошение создает условия для получения запланированного урожая. Для создания наилучших условий для растений и получения максимального урожая на орошаемую площадь необходимо подать *биологически оптимальную норму орошения*.

Ранее показано, что водный режим для сельскохозяйственных культур будет биологически оптимальным, если влажность в корнеобитаемом слое находится в границах КВ (ВРК) – НВ. Причем главными факторами, от которых зависит норма орошения, в первую очередь, являются метеорологические условия конкретного года, влияющие на распределение и частоту поливов в течение вегетации, а также гидрогеология поля (прежде всего, глубина залегания и минерализация грунтовых вод), его почвы и рельеф, способ и техника орошения. От гидрологических характеристик зависит также и величина поливной нормы.

Все основные методы расчета оросительных норм, как и других элементов режима орошения, базируются на воднобалансовых соотношениях.

Размерности всех элементов, составляющих водный баланс, должны быть идентичны (в мм или в м<sup>3</sup>/га).

Для оценочных расчетов может применяться уравнение водного баланса корнеобитаемого слоя почвы, охватывающее весь вегетационный период:

$$M = E - P - \Delta W - K, \quad (4.9)$$

где  $M$  – оросительная норма нетто;

$E$  – максимальная эвапотранспирация (водопотребление сельскохозяйственного поля при оптимальном водном режиме);

$P$  – атмосферные осадки за вычетом потерь на сброс;

$\Delta W$  – используемые запасы влаги в расчетном слое почвы;

$K$  – коэффициент, учитывающий подпитывание корнеобитаемого (расчетного) слоя от грунтовых вод (табл. 4.3).

$$\Delta W = W_n - W_{нп}, \quad (4.10)$$

где  $W_n$  – влагозапасы в слое регулирования (расчетном слое почвы) на начало вегетации;

$W_{нп}$  – нижний предел оптимального увлажнения почвы.

Учет сброса части атмосферных осадков осуществляется с помощью формулы

$$P = \mu P_{изм}, \quad (4.11)$$

где  $\mu$  – коэффициент использования осадков, учитывающий их просачивание за пределы расчетного слоя почвы или сток с ее поверхности;

$P_{изм}$  – сумма выпавших (измеренных) осадков за расчетный период.

Оросительные нормы даже для одной сельхозкультуры не остаются постоянными из года в год, меняясь в зависимости от метеоусловий. Поэтому при составлении проектов оросительных систем необходимо знать оросительные нормы для лет различной обеспеченности (повторяемости). До недавнего времени выбор расчетного года (при известном проценте обеспеченности) производился по сумме осадков за вегетационный период: острозасушливый год – обеспеченность осадками 95 %, среднесухой – 75 % и т. д. Однако в годы с одинаковым количеством осадков оросительные нормы могут значительно различаться между собой. Это связано с тем, что величина оросительной нормы зависит не только от осадков, но и от их распределения в течение вегетации и от условий, определяющих величину водопотребления. Поэтому выбирать год расчетной обеспеченности наиболее правильно не по осадкам, а непосредственно по величине оросительной нормы.

Таблица 4.3. Коэффициент, учитывающий использование грунтовых вод на средних по гранулометрическому составу почвогрунтах

Культуры и глубина корневой системы	Глубина залегания грунтовых вод, м				
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Овощные с корневой системой до 0,6 м	0,8	0,35	0,15	0,05	–
Культуры с корневой системой до 1 м	0,95	0,5	0,3	0,15	0,05
Многолетние культуры с корневой системой более 1 м	1,0	0,95	0,6	0,3	0,1

Выбор года расчетной обеспеченности проводится по результатам воднобалансовых расчетов за многолетний период, в процессе которых определяются оросительные нормы для конкретной культуры в каждый реальный год. По полученным значениям оросительных норм строятся эмпирические кривые обеспеченности и по известным уравнениям устанавливаются их статистические характеристики. Подбирается теоретическая кривая обеспеченности и по ней находится норма орошения для года расчетной обеспеченности (норма водопотребности). Таким образом, под *нормой водопотребности* понимается оросительная норма, вычисленная для года расчетной обеспеченности.

Изложенная методика расчета норм водопотребности по реальным годам длительного ряда достаточно трудоемка, поэтому расчеты рекомендуется проводить на ЭВМ с учетом пространственно-временной их изменчивости.

Расчетная продолжительность поливного периода составит

$$T_{\text{п}} = \frac{W_{\text{пу}} - W_{\text{нп}}}{\varepsilon} = \frac{W_{\text{вп}} - m - W_{\text{нп}}}{\varepsilon}, \quad (4.12)$$

где  $\varepsilon$  – средняя за сутки расчетная интенсивность эвапотранспирации сельскохозяйственной культуры (расчетный уровень водопотребления).

В уравнение (4.12) можно ввести норматив продолжительности сработки почвенной влаги ( $T_{\text{н}}$ ). В этом случае получим

$$T_{\text{п}} = T_{\text{н}} - T_{\text{м}}, \quad (4.13)$$

где  $T_{\text{н}}$  – норматив продолжительности сработки почвенных влагозапасов в диапазоне их регулирования (от верхнего до нижнего предела) при расчетном уровне водопотребления на орошаемой площади;

$T_{\text{м}}$  – расчетный межполивной интервал, равный продолжительности сработки поливной нормы при расчетном уровне водопотребления на орошаемой площади,

$$T_{\text{м}} = m / \varepsilon. \quad (4.14)$$

На основании требований сельскохозяйственных культур к поливу получено правило нормирования (нормировки) режима орошения, следствием которого являются расчетные зависимости для определения составных элементов режима орошения – поливной нормы (4.7), продолжительностей поливного периода (4.12) и межполивного интервала (4.14), а также начального предполивного уровня почвенных влагозапасов (4.10) для площади, представленной однородным почвенным покровом. Аналогичные решения получены в РУП «Институт мелиорации» для более общего случая – орошаемая площадь слагается различными типами почв, норма полива меняется по площади.

На *сроки полива* наибольшее влияние оказывают биологические особенности выращиваемых сельскохозяйственных культур, климатические условия, характер почвогрунтов и гидрогеологические особенности орошаемых земель. Для установления срока начала полива в практических условиях применяются несколько методов и приемов.

*Установление начала полива по фактической влажности расчетного слоя почвы* (по А. Н. Костякову) основано на систематическом наблюдении за динамикой запасов почвенной влаги в расчетном слое. Полив следует начинать тогда, когда запас воды в корнеобитаемом

слое снизится до предполивной влажности. Способ применим при работе как проектного, так и эксплуатационного режимов орошения.

*Глазомерные методы (по внешним признакам)* основаны на назначении сроков начала полива по внешнему виду (окраске или привяданию листьев), сигнализирующему о недостатке влаги. Сюда же относится и способ определения запасов влаги в почве, а соответственно и сроков начала полива на ощупь. Все эти методы условны и субъективны. Они могут применяться в процессе эксплуатации оросительных систем лишь в исключительных случаях, когда другие способы по каким-то причинам недоступны. Поэтому они здесь подробно не рассматриваются.

*Определение сроков начала полива по физиологическим показателям* основано на тесной взаимосвязи между влажностью почвы и физиологическими процессами, протекающими в растениях. Один из наиболее объективных способов заключается в определении в полевых условиях концентрации клеточного сока и сравнении его с пределами, соответствующими нижней границе оптимальной почвенной влажности. Способ применим при назначении эксплуатационного режима орошения.

*Назначение сроков начала полива по фазам развития растений* основывается на неодинаковой чувствительности растений к уровню влажности почв в различные периоды роста в соответствии с биологическими особенностями и динамикой водопотребления. Поливы приурочиваются к тем фазам развития растений, когда они наиболее чувствительны к недостатку влаги. Например, наибольшее потребление воды у картофеля приходится на фазу цветения и образования клубней, у томатов – завязывания и созревания плодов. Способ может применяться как в эксплуатационной, так и в проектной практике оросительных мелиораций. Недостаток – способ не учитывает наличных запасов влаги в почве, климатических условий и состояния растений перед поливом.

*Методы назначения сроков начала полива, основанные на учете метеорологических факторов, вододерживающей способности почв и биологических особенностей культур*, находят широкое распространение как в проектной, так и эксплуатационной практике. Предложено довольно значительное количество таких методов. Основаны они в основном на расчетах динамики влагозапасов (или их дефицита) корнеобитаемого слоя почвы в зависимости от климатических факто-

ров с учетом почв и вида культуры. Воднобалансовые методы наиболее часто применяются при расчете режима орошения сельскохозяйственных культур.

#### 4.2.3. Режимы поливов специального назначения

Помимо основной задачи, заключающейся в поддержании почвенных влагозапасов в течение вегетации на орошаемом массиве в установленных пределах, орошение может способствовать решению многих других вопросов. С этой целью проводятся поливы специального назначения. Рассмотрим основные из них.

*Влагозарядковые поливы* выполняются либо осенью после уборки всех культур, либо весной с целью увлажнения почвы на глубину до 1 м и более, чтобы создать необходимые запасы влаги. Это позволяет не только сократить количество вегетационных поливов, но и оттянуть сроки их проведения, а также уменьшить потребность в рабочей силе для поливов в период проведения весенних работ. Допустимы эти поливы в районах, где имеет место недостаточное увлажнение почвы даже в довесенний период. Норма влагозарядковых поливов достигает 1000–2000 м<sup>3</sup>/га и рассчитывается исходя из условия доведения влажности метрового слоя почвы до наименьшей влагоемкости с учетом количества осадков, которые могут выпасть за период влагозарядки до начала вегетации.

*Посадочные поливы* осуществляются практически для всех овощных культур при посадке (посеве) их в сухую почву. При этом преследуется цель успешного приживания рассады и получения дружных и ровных всходов. Посадочные поливы проводятся иногда в два приема: половина поливной нормы вносится в подготовленную почву, половина – после высадки рассады или посева семян. Общая поливная норма рассчитывается исходя из условий увлажнения почвы до 0,2–0,4 м. В Беларуси и Нечерноземной зоне России посадочные поливы чаще всего необходимы при высадке рассады среднепоздних и поздних сортов капусты и при повторных посевах зеленных культур и редиса.

*Поливы против заморозков (отеплительные)* также имеют большое значение. В отдельные годы из-за опасности гибели овощных растений от заморозков сроки посева ранней капусты, огурцов и некоторых других культур задерживаются на 15–18 дней и больше. При этом теряется возможность получить ранние урожаи, заметно снижается и общий урожай. Поэтому большое значение в орошаемом овощеводстве имеет предупреждение весенних заморозков с помощью отеплительных про-

тивозаморозковых поливов. Противозаморозковое дождевание основано на физическом свойстве воды выделять при замерзании теплоту. Поливы необходимо проводить небольшими нормами (50–200 м<sup>3</sup>/га), а во время заморозков – с перерывами не более 20–30 мин. При этом почва получает дополнительное количество теплоты, а повышенная влажность приземного слоя воздуха при поливе снижает излучение теплоты с поверхности растений и почвы. Кроме того, увеличиваются теплоемкость и теплопроводность почвы.

*Освежительные поливы* нормами от 50 до 100 м<sup>3</sup>/га целесообразны для крупноклеточных овощных культур (капуста, огурцы и др.) при высокой температуре и низкой относительной влажности воздуха. При низкой относительной влажности воздуха ухудшается отток питательных веществ из листьев, снижается фотосинтез, нарушается нормальная деятельность корневой системы, а потеря воды растением приводит к перегреву листьев и замедлению роста. Для продуктивного роста овощных культур требуются такие поливы, которые к моменту наибольшего испарения (12–16 ч) создавали бы повышенную влажность воздуха над листовой поверхностью. Транспирация при этом несколько ослабевает, а поглощение углекислоты при хорошем обводнении клеток идет интенсивнее. Освежительные поливы позволяют повысить урожай овощей в 1,2–1,5 раза. Наиболее эффективно при этом синхронное импульсное дождевание.

*Поливы для борьбы с сорняками (провокационные)* выполняются в теплую погоду, чаще всего в период посева овощных культур. Они проводятся небольшой поливной нормой, рассчитанной на увлажнение верхнего слоя почвы до 10–15 см, где находится наибольшее количество семян сорных растений. Такие поливы, особенно при высоких температурах воздуха, способствуют быстрому росту сорных растений, всходы которых появляются значительно раньше всходов овощных культур и поэтому могут быть эффективно обработаны гербицидами и уничтожены в процессе боронования и культивации. Это способствует лучшей приживаемости рассады, появлению более дружных всходов овощных растений.

*Удобрительные (подкормочные) поливы* служат для внесения удобрений в почву в растворенном виде (фертигация). Положительное действие их тем больше, чем выше (в момент проведения) потребность растений в питательных веществах и чем продолжительнее период времени между поливами и уборкой урожая. К удобрительному орошению относят внесение с поливной водой микроэлементов, химических мелиорантов и гербицидов.

Задача *почвоочищающих (промывных) поливов* – удалить из почвы избыток вредных солей, а в отдельных случаях и истребить вредителей сельскохозяйственных растений (мышей, личинок майского жука и др.) путем затопления водой очищаемой почвы. Применяют чаще всего на засоленных почвах для удаления из корнеобитаемого слоя избыточного количества воднорастворимых солей. Поливная норма при этом большая и может достигать 6–10 тыс. м<sup>3</sup>/га.

К поливам специального назначения относят также *окислительные поливы*. Например, речную воду, обогащенную кислородом, подают на поля, луга, в почве которых содержится мало кислорода, а закисные соединения превалируют над окисными (орошение поливными водами пойменных лугов, орошение рисовых земель и др.).

*Режим орошения сельскохозяйственных культур* в севообороте представляет собой распределение в течение оросительного периода по севооборотной площади норм и сроков поливов, проводимых с учетом размещения культур. Его необходимо планировать для определения объемов воды, которые должны быть забраны из источника орошения и поданы по оросительной сети на всю орошаемую площадь. Режим орошения культур в севообороте лучше всего представлять в виде неукомплектованного и укомплектованного графиков полива. При составлении графиков необходимо учитывать биологические особенности культуры, метеорологические и почвенно-гидрогеологические условия, режим источника орошения, наличие в хозяйстве рабочей силы и машинно-тракторного парка, а также принятую в нем организацию труда.

Пусть площадь всего орошаемого севооборота равна  $F$  гектара, а отдельные ( $j$ -е) культуры, входящие в севооборот, занимают площади, равные  $a_1, a_2, \dots, a_n$  процентов от общей площади, т. е.  $a_1 + a_2 + \dots + a_n = 100\%$ . Если норма полива  $j$ -й культуры равна  $m_j$  м<sup>3</sup>/га, то за рассматриваемый полив культура потребляет  $(a_j m_j F_j / 100)$  м<sup>3</sup> воды. Этот объем должен быть доставлен на поле в течение поливного периода длительностью  $T_n$  суток. Расход воды (л/с), который должен подаваться на орошение культуры на  $j$ -м участке на протяжении  $T_n$  суток полива (при круглосуточном поливе), определяют по формуле

$$q_j = a_j m_j F / 8640 T_n. \quad (4.15)$$

Если в данном выражении приравнять величину орошаемой площади к 1 га, на котором каждая культура занимает определенную ( $j$ -ю) часть, получим расход, выраженный в литрах в секунду на 1 га. Он называется *гидромодулем культуры*:

$$q_j = a_j m_j / 8640 T_{п.} \quad (4.16)$$

Таким образом, гидромодуль показывает, какое количество воды в литрах необходимо подать за 1 с на 1 га при поливе  $j$ -й культуры.

По полученной зависимости гидромодуль рассчитывают для каждого полива конкретной культуры. Расчеты чаще всего ведут в виде таблицы. На основе полученных значений гидромодуля строят неуккомплектованный график полива (рис. 4.4).

На горизонтальной оси откладывают в календарном порядке сроки поливов каждой культуры, на вертикальной – значения гидромодуля для тех же поливов и той же культуры. Если поливы двух (а иногда и трех) культур совпадают по времени, то в эти дни гидромодуль складывают и прямоугольники, изображающие полив разных культур, накладывают частично или полностью один на другой. Прямоугольники, изображающие поливы разных культур, показывают на графике различной окраской или штриховкой.

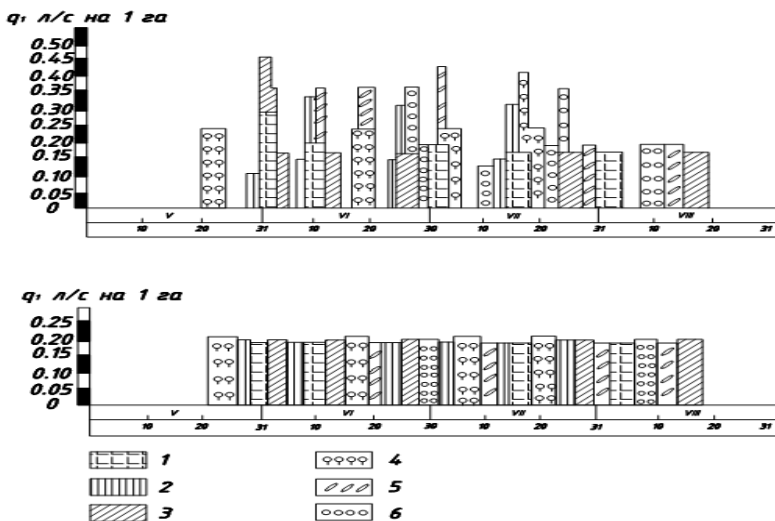


Рис. 4.4. Неуккомплектованный

(а) и уккомплектованный (б) графики полива:

1 – капуста поздняя; 2 – капуста ранняя; 3 – томаты;  
4 – столовые корнеплоды; 5 – огурцы; 6 – картофель

Как видно из рис. 4.4, величина гидромодуля неуккомплектованного графика может колебаться в больших пределах. В то же время расходы

воды, по которым при проектировании подбирают параметры оборудования оросительной системы, следует определять по максимальной ординате. В неуккомплектованном графике эта ордината, как правило, велика, хотя и занимает непродолжительное время. Проектировать оросительную сеть и задавать по такому графику мощность поливной техники нецелесообразно, это приведет к увеличению параметров и стоимости системы. Поэтому неуккомплектованный график полива перестраивают (уккомплектовывают) таким образом, чтобы ординаты на протяжении всего оросительного периода незначительно отличались друг от друга и меньше было промежутков, когда полив вообще не должен проводиться.

При комплектовании необходимо соблюдать следующие условия:

1) количество воды, предназначенное для данного полива конкретной культуры, не должно изменяться;

2) полив не рекомендуется проводить позже намеченного срока; начинать его раньше можно не более чем на 2–3 дня, следовательно, изменение поливного периода достигается в основном его сокращением;

3) сокращение продолжительности поливного периода ограничивается уровнем организации труда в хозяйстве и условием, чтобы расход воды в секунду не был чрезмерно велик;

4) дата начала полива и интервал между началом двух соседних поливов одной и той же культуры могут изменяться не более чем на 3–5 сут;

5) укомплектовывать (снижать) можно непродолжительные (не более 5 сут) пики ординат гидромодуля.

При поливе дождеванием вместо графика гидромодуля обычно составляются *графики полива дождевальными машинами*. Расходы воды на отдельных элементах проводящей сети устанавливаются через количество одновременно работающих машин по укомплектованному графику полива.

Продолжительность полива площади, обслуживаемой одной дождевальной машиной (устройством), должна быть не больше минимального межполивного интервала для года расчетной обеспеченности (или агрономически допустимого поливного периода для расчетной культуры). Эта продолжительность увязывается с расходом принятой дождевальной машины (устройства) и величиной поливной нормы.

Поливной период (в сутках) определяется по зависимости

$$T_{\text{п}} = \frac{F \cdot m}{86,4 \eta_m Q_d k_{\text{сут}} \tau} \leq T_{\text{мин}}, \quad (4.17)$$

где  $F$  – площадь орошаемого поля (нетто), га;

$m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;

$\eta_m$  – коэффициент, учитывающий потери воды на поле при дождевании (коэффициент использования воды на поле);

$Q_d$  – расход дождевальной машины (устройства), л/с;

$k_{сут}$  – коэффициент использования рабочего времени суток, принимаемый в зависимости от типа дождевальных машин (устройств) и учитывающий количество рабочих смен и их продолжительность;

$\tau$  – коэффициент возможных потерь рабочего времени по метеорологическим условиям;

$T_{min}$  – минимальный межполивной интервал (в сутках) для года расчетной обеспеченности, характеризующий пиковый период спроса на воду орошаемой сельскохозяйственной культуры.

Коэффициент  $\tau$  находят по формуле

$$\tau = (100 - a) / 100, \quad (4.18)$$

где  $a$  – продолжительность периода со скоростью ветра свыше допустимой для данного типа дождевальной техники в процентах от продолжительности всего поливного периода.

Если в результате расчета получится, что  $T_n$  больше  $T_{min}$ , то поливной период необходимо пересчитать, увеличив количество дождевальных машин и снизив тем самым на них нагрузку (обслуживаемую площадь).

Зная сроки полива, продолжительность поливного периода, величину расхода воды дождевальными устройствами и количество этих устройств, строят график водоподачи на всю площадь (график работы дождевальных устройств), а также график гидромодуля. Ордината гидромодуля (л/с на 1 га) определяется как

$$Q = \sum Q_d / F_{ит}^{co}, \quad (4.19)$$

где  $\sum Q_d$  – сумма расходов одновременно работающих дождевальных устройств, л/с;

$F_{ит}^{co}$  – площадь нетто севооборотного участка, га.

Площадь поля севооборота должна быть, как правило, равной или кратной площади, обслуживаемой одной дождевальной машиной.

При построении графика поливов в случае орошения дождеванием учитывают следующее. Если при поверхностных способах полива воду на поле подают непрерывно, то при дождевании – прерывисто. Перерывы в работе обусловлены необходимостью перемещения дожде-

вальных машин с позиции на позицию, проведения ежесменного технического обслуживания, а также отключения некоторых дождевальных машин во время сильных ветров. В связи с этим в знаменатель формулы для определения поливного расхода вводят коэффициент использования рабочего времени  $K$ . Значение  $K$  зависит от вида дождевальной машины и составляет он в основном 0,8–0,85. Коэффициент  $\beta$  при дождевании учитывает потери поливной воды на испарение и частичный унос ветром и он равен 0,7–0,95.

Если при поверхностных поливах поливной расход можно изменять в широких пределах, то при дождевании его регулируют только увеличением или уменьшением числа одновременно работающих дождевальных машин. Поэтому при укомплектовании графика поливов поливные расходы назначают кратными расходам принятых дождевальных машин, а затем определяют продолжительность поливов, соответствующую этим расходам (рис. 4.5).

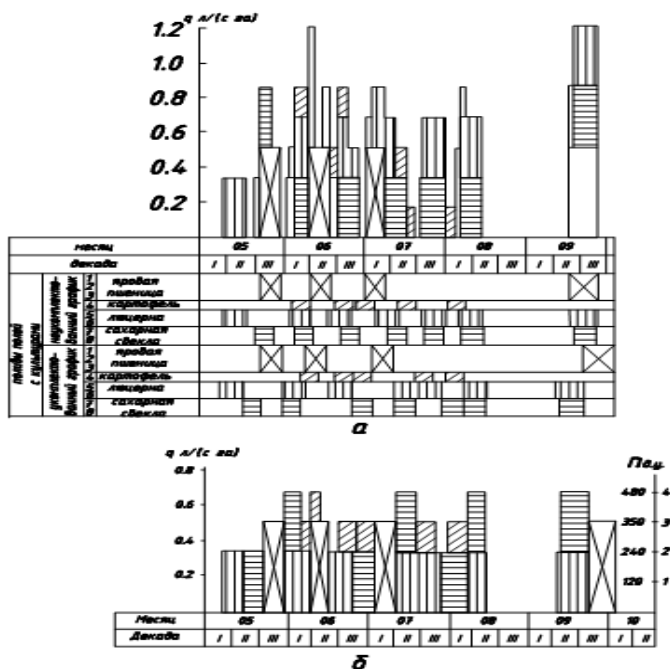


Рис. 4.5. Неукомплектованный (а) и укомплектованный (б) графики гидромодуля и водоподачи

### 4.3. Способы и техника орошения

#### 4.3.1. Орошение дождеванием

Из существующих способов орошения (мелкодисперсное, дождевание, поверхностное, внутривидное, субиригация) основным и наиболее перспективным способом орошения сельскохозяйственных культур в зоне неустойчивого увлажнения является дождевание. Возникновению полива дождеванием способствовало стремление воспроизвести в той или иной степени естественный дождь. При этом способе оросительная вода с помощью разбрызгивающих аппаратов или дождевальных машин выбрасывается в воздух и падает на растения и почву в виде дождя. Впервые искусственное дождевание было осуществлено в России Г. А. Аристовым в 1875 г. Широкое распространение в нашем регионе оно получило только в последнее время.

*Основные достоинства орошения дождеванием:*

– благоприятное физиологическое действие на растения усиливает процесс ассимиляции, понижает температуру тканей и дает возможность при меньших количествах оросительной воды (по сравнению с поверхностными способами орошения) получить такой же или более высокий урожай;

– механизация процесса полива, в результате чего снижаются затраты ручного труда;

– сохранение структуры почвы при соответствующей силе и интенсивности дождя;

– возможность проводить более частые поливы меньшими поливными нормами, а соответственно регулировать глубину увлажнения почвы, что особенно важно при близком залегании грунтовых вод, наличии маломощных и просадочных грунтов;

– возможность применять при относительно сложном рельефе полей и отсутствие в связи с этим необходимости в их тщательной планировке;

– создание условий для более высокого уровня механизации сельскохозяйственных процессов на полях;

– возможность проводить поливы специального назначения (удобрительные, освежительные, посадочные, противозаморозковые и др.);

– возможность автоматизации всех процессов полива.

*Недостатками орошения дождеванием являются:*

– потребность в механической энергии для создания напора на производство полива;

- высокая металлоемкость и несовершенство технических средств полива;
- неравномерность полива при ветре;
- необходимость перемещать дождевальную технику по полю с затратами труда на эти операции;
- невозможность на достаточную глубину промачивать тяжелые почвы без образования луж и поверхностного стока при высокой интенсивности дождя.

В целом *дождевание целесообразно применять:*

- в районах с неустойчивым естественным увлажнением при поливе небольшими поливными (до 400 м<sup>3</sup>/га) и оросительными (до 3000 м<sup>3</sup>/га) нормами;
- на почвах с малой мощностью гумусового слоя и при орошении культур с неглубокой корневой системой (овощи, травы и др.);
- при сложном рельефе (на крупных склонах, если поверхностный полив требует большого объема планировочных работ) и др.

*Основными характеристиками искусственного дождя* являются интенсивность, диаметр капель и равномерность распределения его по площади. Качественный полив обеспечивается при оптимальной интенсивности и крупности капель, равномерном распределении дождя по орошаемой площади, не вызывающих образования луж, поверхностного стока и разрушения структуры почвы.

Интенсивность выражается слоем дождя, выпадающим на площадь за единицу времени (мм/мин). Различают истинную (за короткий промежуток времени) и среднюю (за время полива всей площади) интенсивность дождя.

Практически удобно пользоваться средней интенсивностью дождя:

$$i_{\text{cp}} = \frac{h_{\text{cp}}}{t} \quad \text{или} \quad i_{\text{cp}} = \frac{60Q}{F}, \quad (4.20)$$

где  $h_{\text{cp}}$  – средний слой выпавших осадков, мм;

$t$  – продолжительность полива, мин;

$Q$  – расход дождевальной машины, л/с;

$F$  – площадь полива, м<sup>2</sup>.

Крупность капель определяется силой удара их о почву и повреждаемостью растений. Крупные капли разрушают комковатую структуру почвы, снижают ее впитывающую способность, вызывают образование луж, поверхностного стока, увеличивают потери воды на испарение. По А. Н. Костякову диаметр капель должен быть не более 1–2 мм.

Наиболее достоверное значение диаметра капель определяется в полевых и лабораторных условиях с помощью каплеуловителя. Для этого может быть использована обеззоленная фильтровальная бумага, предварительно натертая чернильным порошком. Диаметр капель дождя устанавливается по величине отпечатков капель на фильтровальной бумаге с помощью тарировочной кривой.

Данные для тарировочной кривой получают путем нанесения капель на фильтр с помощью набора стандартных капельниц, позволяющих образовывать различный диаметр капель. По полученным значениям диаметров капель, капельниц и размеров соответствующих им пятен на фильтре строится тарировочная кривая.

Необходимым условием качественного полива дождеванием является равномерность распределения воды по орошаемому полю. Равномерность распределения дождя по орошаемой площади зависит в основном от конструкции дождевального устройства, схемы его работы, почвенно-рельефных условий и ветрового режима. Равномерность распределения дождя характеризуется коэффициентами эффективного ( $K_э$ ), недостаточного ( $K_н$ ) и избыточного ( $K_и$ ) поливов:

$$K_э = \frac{F_э}{F}; K_н = \frac{F_н}{F}; K_и = \frac{F_и}{F}, \quad (4.21)$$

где  $F_э$ ,  $F_н$ ,  $F_и$  – соответственно эффективно, недостаточно и избыточно политая площадь;

$F$  – общая площадь, поливаемая дождевальным устройством на одной позиции.

Эффективно политая площадь – это площадь, на которую выпадает дождь средней интенсивности с отклонением от нее  $\pm 25\%$ . Остальная площадь будет недостаточно или избыточно политой.

Полив считается качественным, если  $K_э > 0,7$ .

Для качественного полива необходимо, чтобы интенсивность дождя  $i_{ср}$  не превышала впитывающей способности почвы. Такая интенсивность, не вызывающая образования луж и поверхностного стока, называется допустимой. Допустимая интенсивность колеблется в довольно широких пределах (0,1–1,0 мм/мин).

В зависимости от интенсивности дождя и крупности капель поливная норма  $m^S$ , которая может впитаться в почву до момента образования луж и поверхностного стока, определяется по зависимости

$$m^S = \frac{P}{\sqrt{i \cdot e^{0,5d}}}, \quad (4.22)$$

где  $P$  – показатель безнапорной водопроницаемости почвы при дождевании, мм;

$i$  – интенсивность дождя, мм/мин;  
 $d$  – средний диаметр капель, мм;  
 $e$  – основание натурального логарифма.

*Классификация дождевальных устройств.* Устройство для образования искусственного дождя, не имеющее частей, перемещающихся друг относительно друга, называется дождевальной насадкой. Устройства для образования искусственного дождя и распределения его по площади полива, включающие подвижные элементы, называются дождевальными аппаратами и машинами.

Дождевальные устройства подразделяют на короткоструйные (радиус разброса капель дождя до 10 м), средне- (до 40 м) и дальнеструйные (свыше 40 м). По напору воды *jub* могут быть низконапорными (до 0,3 МПа), средненапорными (0,3–0,5 МПа) и высоконапорными (0,5–60 МПа).

Для создания искусственного дождя применяются дефлекторные (отражательные) и струйные насадки. Наиболее широкое практическое применение получила короткоструйная дождевальная насадка с конусным дефлектором (рис. 4.6). Дефлекторные насадки устанавливаются на двухконсольных дождевальных агрегатах ДДА-100 МА, дождевальных машинах «Кубань», а также на установках для полива цветников, газонов, в теплицах. Они создают дождь с диаметром капель 0,9–1,1 мм. Основной недостаток – небольшой радиус (6–8 м) охвата площади дождем и большая интенсивность дождя (0,7–1,1 мм/мин). Вода под напором (0,08–0,15 МПа) вытекает с определенной скоростью из отверстия (сопло) и, ударяясь о дефлектор (конус под углом 120°), образует водяную пленку, которая в воздухе распадается на мелкие капли.

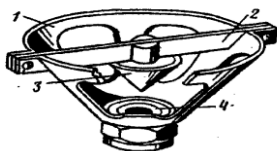


Рис. 4.6. Короткоструйная дождевальная насадка с конусным дефлектором:  
1 – конус; 2 – планка; 3 – конусный дефлектор;  
4 – выходное отверстие

Существуют щелевые и центробежные насадки, однако они не получили широкого практического применения. Струйные насадки ис-

пользуют во всех вращающихся аппаратах дождевальных машин и установок. По конструкции они мало отличаются друг от друга, но существенно различаются по напору и расходу воды, а также по принципу вращения и дальности полета струи.

Основные части струйного аппарата: присоединительный патрубок, корпус, ствол, сопло, механизм привода вращения (рис. 4.7). Вращение ствола аппарата может осуществляться с помощью коромысла, вращающейся гидравлической турбинки, реактивной силы выходящей струи воды или за счет энергии двигателя базовой машины.

По способу перемещения их подразделяют на дождевальные агрегаты, машины и установки.

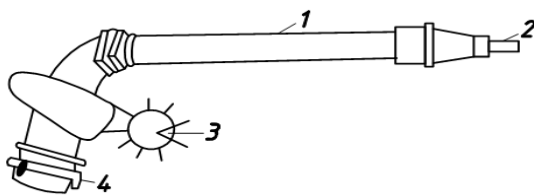


Рис. 4.7. Дальнеструйный дождевальный аппарат:  
1 – ствол; 2 – сопло; 3 – механизм привода вращения  
(гидравлическая турбинка); 4 – присоединительный узел

Современные дождевальные машины и установки в зависимости от используемых насадок делятся на три типа: короткоструйные (низконапорные), среднеструйные (средненапорные), дальнеструйные (высоконапорные). К короткоструйным относятся: ДДА-100МА, «Кубань», ДШ-25/300. К среднеструйным – «Фрегат», «Днепр», ДКШ-64, «Ока», ДКН-80, ОП-600. Дальнеструйными дождевальными машинами являются дождеватели дальнеструйные навесные типа ДДН и переносные дальнеструйные дождевальные аппараты типа ДД. Следует иметь в виду, что некоторые дождевальные машины и установки в зависимости от условия их применимости и назначения имеют несколько модификаций («Фрегат») или являются производными от других. Например, «Ока» (ДКТ-80) и ДКН-80 разработаны на базе ДКШ-64.

Дождевальные агрегаты состоят из самоходной опоры и насосного агрегата, смонтированного в комплексе с дождевальным устройством.

Дождевальные машины состоят из самоходных опор, на которых смонтированы дождевальные устройства (рис. 4.8). Напор для них создает автономная насосная станция. Дождевальные установки не имеют самоходных опор. Вода к ним подается по трубчатой оросительной сети.



Рис. 4.8. Дождевальная машина типа «Днепр» и «Фрегат»

Забор воды для орошения дождевальными машинами и установками осуществляется из трубопроводной оросительной сети или открытых каналов. В зависимости от принципа работы, технологии полива и перемещения дождевальных устройств можно выделить две основные схемы расположения оросительной сети и дождевальной техники – при фронтальном ее перемещении (рис. 4.9) и работе по кругу (см. рис. 4.7).

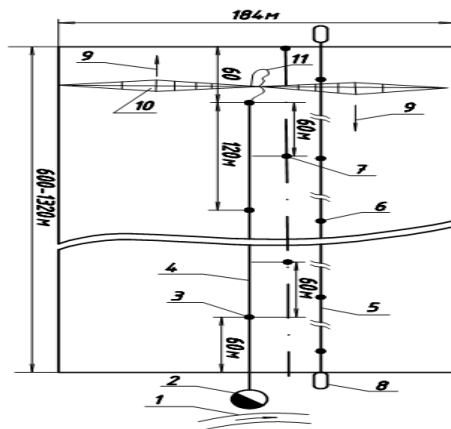


Рис. 4.9. Схема оросительной сети и оборудования для управления дождевальной машиной с электроприводом фронтальным шланговым «Мини Кубань-ФШ»: 1 – источник орошения; 2 – насосная станция; 3 – гидрант; 4 – оросительный трубопровод; 5 – трос направляющий; 6 – стойка поддержки троса; 7 – упор для автоматической остановки дождевальной машины; 8 – тумба; 9 – направление перемещения; 10 – дождевальная машина; 11 – гибкий шланг

*Характеристика дождевальных устройств.* Рассмотрим характеристики некоторых дождевальных устройств, наиболее широко применяемых в настоящее время в зоне неустойчивого увлажнения.

*Дождеватель фронтальный ДФ-120 «Днепр»* предназначен для позиционного полива зерновых и технических культур, лугов и пастбищ с забором воды из гидранта закрытой оросительной сети (рис. 4.10).

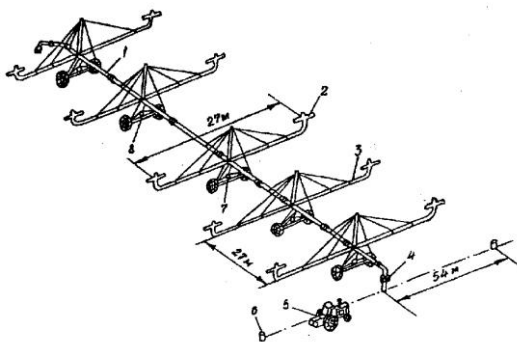


Рис. 4.10. Конструктивная схема дождевальной машины «Днепр»:  
1 – водопроводящий трубопровод; 2 – дождевальные аппараты;  
3 – фермы-открылки; 4 – водозаборное устройство; 5 – электрическая станция, навешенная на трактор; 6 – гидрант оросительной сети

Расстояние между гидрантами составит 54 м, между оросителями – 920 м. Расход воды равен – 120 л/с, напор на гидранте – 43 м. Длина полосы увлажнения – 54 м, максимальная ширина – 460 м.

Модификации машины «Днепр» предусматривают уменьшение водопроводящего пояса на величину, кратную расстоянию между самоходными опорами (27 м) и соответственно расходу воды на 7 л/с трубопровода.

Дождевальное крыло представляет собой водопроводящий трубопровод, на котором жестко закреплены металлические колеса. В центре крыла имеется приводная тележка с двигателем внутреннего сгорания. *Дождеватель колесный широкозахватный ДКШ «Волжанка»* представляет собой многоопорный колесный самоходный трубопровод фронтального перемещения, оборудованный среднеструйными аппаратами кругового действия. Состоит из двух дождевальных крыльев, располагаемых обычно по двусторонней схеме относительно ороси-

тельного трубопровода, приводящего в движение колесный трубопровод путем его качения.

Полив ДКШ осуществляется с забором воды от гидрантов закрытой оросительной сети, расположенных через 18 м. Оба крыла «Волжанки» работают одновременно и отдельно друг от друга, их присоединяют к разным гидрантам (рис. 4.11).

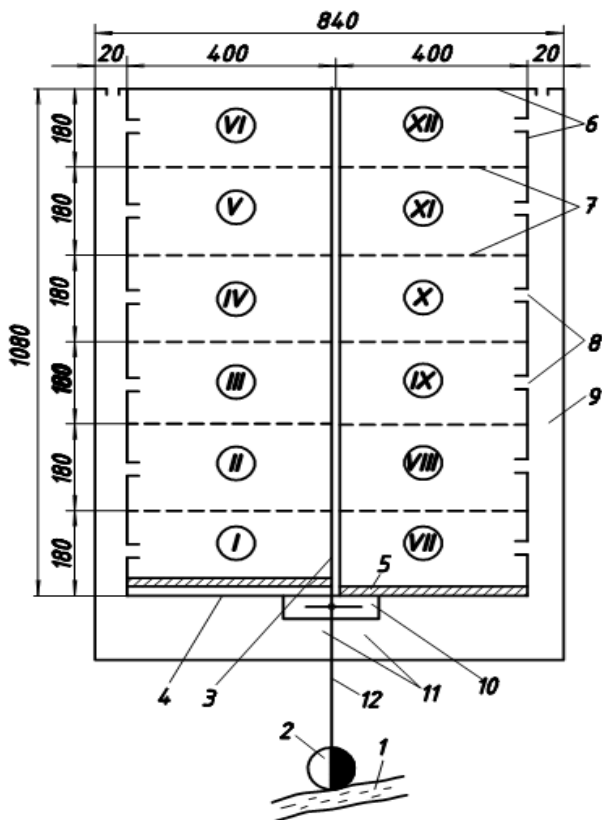


Рис. 4.11. Схема организации пастбища при поливе  
Дождевальной машиной «Волжанка»:

- 1 – источник орошения; 2 – насосная станция; 3 – напорный трубопровод;
- 4 – первое крыло машины; 5 – второе крыло; 6 – постоянная изгородь;
- 7 – временная изгородь; 8 – ворота; 9 – скотопрогон; 10 – водопойная площадка; 11 – площадка для отдыха; 12 – главный трубопровод

В зависимости от размеров поливного участка дождевальное крыло можно уменьшать на определенное количество секций с соответствующим уменьшением расчетных расходов и длины полосы увлажнения. При полной длине крыльев (каждое по 395,8 м) расстояние между трубопроводами равно 800 м (минимальное – 300 м), расход воды составляет 64 л/с, (минимальный – 24 л/с).

*Дождевальная машина «Ока» (ДКГ-80)* создана на базе ДКШ-64. Состоит из двух крыльев, работает позиционно с водозабором от гидрантов закрытой оросительной сети. На водопроводящем трубопроводе имеются среднеструйные аппараты «Роса-3», работающие поочередно группами. Одновременно в работу включаются четные или нечетные аппараты. В середине крыла установлена тележка с гидроприводом, чтобы перекачивать трубопровод с позиции на позицию. В качестве гидродвигателя применен поршневой цилиндр двустороннего действия.

Технологический цикл полива дождевальной машиной «Ока» состоит из полива на каждой позиции орошаемого участка, переезда от гидранта к гидранту и холостого перегона крыльев машины с последней позиции орошаемого участка на исходную для начала очередного полива. Расход воды двумя крыльями составляет 100 л/с, расстояние между гидрантами – 36 м, между оросительными трубопроводами – 800 м (у других модификаций может быть 600 и 400 м).

*Многоопорный дождевальный трубопровод ДКН* предназначен для внесения с водой подготовленных животноводческих стоков при орошении кормовых культур, лугов и пастбищ с уклоном поверхности не более 0,02. Удобрительная смесь должна содержать не более 1 % сухого вещества с размером частиц до 10 мм. Его используют и для орошения чистой водой с внесением минеральных удобрений с помощью гидроподкормщика.

ДКН-80 разработан на базе ДКШ-64. Основные сборочные единицы: механизм самоустановки дождевального аппарата и сливного клапана; сливной клапан с принудительным открытием; односопловый среднеструйный дождевальный аппарат, созданный на базе «Роса-3» и способный работать на подготовленных животноводческих стоках; устройство для крепления и самоустановки аппарата на конце крыла.

Машина ДКН-80 выпускалась в трех модификациях: ДКН-80 – 600, ДКН-70 – 500, ДКН-60 – 400, которые различаются расходами воды и шириной захвата. Расход воды в них равен соответственно 80, 70 и 60 л/с, ширина захвата – 600, 500, 400 м. Расстояние между гидрантами во всех случаях составляет 27 м.

*Дождеватель шланговый ДШ-10* – автоматизированный поливной агрегат, предназначенный для полива овощных, кормовых и технических культур во всех зонах орошаемого земледелия. Представляет собой одноосное шасси на пневматических колесах. На шасси смонтиро-

ваны два барабана с гидроприводами и другие узлы. На каждый барабан намотан гибкий полиэтиленовый водопроводящий трубопровод длиной 250 м, один конец которого соединен с полый осью барабана, а ко второму присоединен среднеструйный дождевальная аппарат. Аппарат установлен на двухколесной перемещающейся тележке. Барабан снабжен специальными механизмами вращения для наматывания гибкого трубопровода. Эти механизмы приводятся в действие за счет энергии потока воды, поступающей из оросительной сети к дождевателю, который присоединяется к гидранту сети с помощью армированного шланга. Расход воды общий (на два дождевальных аппарата) – 17,8 л/с (рис. 4.12).

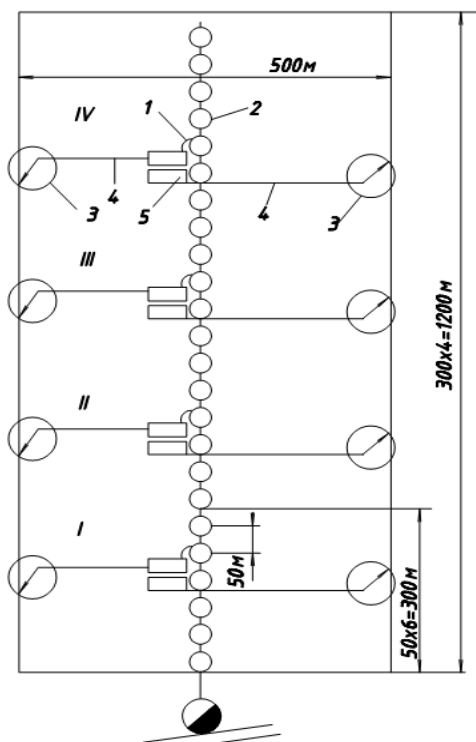


Рис. 4.12. Схема оросительной системы с дождевателями ДШ-10:  
 1 – соединительный трубопровод; 2 – гидрант; 3 – дождевальный аппарат;  
 4 – гибкий трубопровод; 5 – самонаматывающаяся катушка;  
 I–IV – зоны орошения

*Передвижные дальнеструйные дождевальные машины ПДМ-2500 и ПДМ-3000* применяются для орошения сенокосов, пастбищ, пропашных культур, овощей и др. Обслуживаются трактором марки типа МТЗ, производительность полива изменяется соответственно от 1,2 до 2,0 га/ч. Скорость движения распылителя составляет 10–150 м/ч, расход воды – до 60 м<sup>3</sup>/ч, площадь орошения – 2,45–6,3 га, дальность подачи воды от водоема – до 2,0 км, мощность привода насоса – не ниже 40 кВт, рабочее давление на гидротурбину – 0,2–1,2 МПа, рабочая ширина захвата – до 70–90 м, рабочая длина захвата – 350–700 м. Габаритные размеры машины: длина – 7,05 м, ширина – 2,27 м, высота – 3,5–3,9 м.

*Установка дождевальная УД-2500* предназначена для орошения садовых и ягодных культур путем перемещения распылителя вдоль рядов растений с забором воды из закрытого или открытого источника. От гидранта закрытой оросительной сети, автономной дизель насосной станции или водяного насоса, установленного возле водоема и приводимого в действие через карданный вал с помощью ВОМ трактора, вода подается на гидропривод установки с давлением не ниже 0,3–1,0 МПа, приводя турбину гидропривода во вращение и через редуктор передавая вращение барабану посредством цепной передачи. На барабан может наматываться до 600 м полиэтиленовой трубы диаметром 75 мм, по которой вода подается непосредственно к среднеструйным распылителям. Скорость сматывания полиэтиленовой трубы на барабан, а значит и скорость перемещения механизма распыления по полю может изменяться от 10 до 130 м/ч. Производительность (в зависимости от нормы полива) составляет до 0,3 га/ч, расход воды – до 60 м<sup>3</sup>/ч, дальность подачи воды от водоема – до 1,5 км, рабочая ширина захвата – до 25 м, рабочая длина захвата – 600 м.

*Оборудование поливочное ОП-600* предназначено для полива овощных, кормовых, технических культур и многолетних трав. Принцип его работы аналогичен УД-2500. Производительность (в зависимости от нормы полива) составляет до 0,9 га/ч, скорость движения распылителя – 10–150 м/ч, расход воды до 60 м<sup>3</sup>/ч, дальность подачи воды от водоема – до 1,5 км, распылитель дальнеструйный, рабочее давление – 0,2–1,2 МПа, рабочая ширина захвата – до 90 м, рабочая длина захвата – 2×400 м, масса – 3,5 т.

Схемы полива дождевальных машин ПДМ-2500, ПДМ-3000, УД-2500, ОП-600 аналогичны схеме полива ДШ-10 (см. рис. 4.12).

Технические характеристики современных средств полива крестьянских (фермерских) хозяйств и закрытого грунта предоставлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4. Технические характеристики современных средств полива для крестьянских (фермерских) хозяйств и закрытого грунта

Наименование	Краткая техническая характеристика
1. Комплекс малоинтенсивного дождевания «Росинка»	Предназначен для орошения и защиты от заморозков садовых и огородных культур на площади 0,06 га. Давление 0–0,25 МПа, расход 0,2–0,5 л/с
2. Шланговый дождеватель позиционного действия «Кооператор»	Предназначен для полива овощных культур и ягодников. Площадь орошения с одной стоянки 0,02 га, за сезон – 0,2–0,5 га
3. Переносной дождеватель «Радуга»	Включает малорасходные дождевательные аппараты, арматуру и шланг, крепящийся к стойке. Давление – 0,15–0,2 МПа. Расход – 0,06–0,5 л/с, радиус полива – 10–12 м
4. Комплекс локально импульсного полива КЛИП-18	Предназначен для полива овощей в теплицах и парниках площадью до 30 м <sup>2</sup> . Полив осуществляется без участия человека круглосуточно на протяжении 1–3 недель
5. Комплекс импульсного микродождевателя КИМД-0,1	Импульсные дождеватели работают прерывисто. Длительность паузы – 30–200 с, кратковременный выплеск воды в виде дождя – 1,5–2,5 с. Давление – не менее 0,2 МПа, расход – до 0,1 л/с, объем выброса за цикл – 3 л
6. Комплекс импульсного локального орошения (ИЛО-3) для промышленных теплиц	Оросительный модуль в среднем на 1000 м <sup>2</sup>
7. Дождевальная машина с электроприводом фронтальная шланговая «Мини Кубань-ФШ»	Количество тележек – 3, расход – 20 л/с, давление – 0,35 МПа, рабочая длина гона – 600–1320 м, ширина захвата дождем – 184 м, площадь орошения – 11–24 га
8. Дождевальная машина кругового действия «Мини Фрегат-К»	Предназначена для полива любых сельскохозяйственных культур на фермерских участках площадью до 10 га (на одной позиции – 3,3 га). Количество тележек – 1, расход – 7 л/с, давление – 0,43 МПа, минимальное время оборота – 7,2 ч, длина машины – 89 м
9. Дождевальная машина с гидроприводом фронтальная шланговая «Мини Фрегат-ФШ»	Количество тележек – 3, расход – 25 л/с, давление – 0,58 МПа, длина гона – 600–1300 м, ширина захвата дождем – 206 м, площадь орошения – 12,4–26,8 га
10. Дождеватель полустационарный ДП-26	Расход воды – 25,5 л/с, давление – 0,48 МПа, количество дождевательных аппаратов – 21, площадь орошения – 15 га, длина шлейфов – 27,5 м
11. Дальнеструйный дождевательный аппарат ДД-30	Расход воды – 15–30 л/с, давление – 0,5–0,7 Мпа, работает позиционно, радиус полива – 50–70 м

Орошаемые культурные пастбища размещают вблизи животноводческих ферм на потенциально плодородных почвах, пригодных для создания высокопродуктивных травостоев. К ним относятся поймен-

ные и склоновые земли, низинные луга, болота, суходолы с уклонами до 0,02–0,5. Размещать такие пастбища на переувлажненных землях можно только после их осушения, а на песчаных почвах – нецелесообразно. Если пастбища для взрослого поголовья находятся от скотных дворов на расстоянии более 2 км, а для молодняка – более 1 км, их оборудуют летним лагерем.

Площадь участка культурного пастбища устанавливают в зависимости от числа голов в стаде (гурте), потребности животных в зеленом корме, урожайности травостоя и т. д. В среднем можно считать, что на площади в 1 га высокопродуктивного орошаемого пастбища в летний период могут содержаться 3–4 коровы. Допустимое число голов в стаде, пасущемся на одном участке, составляет: для коров – 150–200, молодняка крупного рогатого скота – 200–250, телят – 100; овец – до 1000. К получаемой из этого расчета пастбищной площади добавляют 15 % резервной.

Площадь одного участка обычно колеблется в пределах 50–70 га, одного загона – 2,3 га. Организация пастбы на культурных пастбищах строится по принципу: короткий период пастбы (стравливание) – длительный отдых (отрастание травостоя). Наиболее широко распространена 12-загонная система. Оптимальное соотношение сторон в загоне 1:2 или 1:3. Лучшие сроки стравливания на минеральных почвах – 2–3, торфяных – 1 сут. Полный цикл стравливания во всех загонах не должен превышать периода отрастания травостоя, который обычно составляет 22–30 сут.

Загоны ограждают постоянной или переносной изгородью, что в первом случае увеличивает, а во втором – уменьшает эксплуатационные расходы. Скотопрогоны от фермы, внешние границы участка стравливания определяются из соотношения количества голов в стаде, количества зеленой массы на 1 гол. в сут (коровы – 40–75 кг, молодняк старше 1 года – 30–40, молодняк до 1 года – 15–25 кг), количества дней пастбы в одном загоне (2–3 дня) и урожайности зеленой массы на один цикл стравливания с учетом коэффициента стравливания (0,8–0,85).

Суточная потребность в воде на одну голову устанавливается исходя из расчета 50–60 л на корову, молодняку старше 1 года – 30–40 л, до года – 15–20 л.

Сроки полива культурного пастбища после очередного стравливания зависят от ботанического состава трав и технологии ухода за пастбищем (подкашивания не съеденных остатков, разравнивания экскрементов животных, внесения удобрений). Обычно рекомендуется проводить полив не ранее чем через 2–4 сут после стравливания, но не

позднее чем за 4–6 сут до его начала (для уменьшения вытаптываемости травостоя).

Число загонов определяют как отношение продолжительности пастбищного периода к средней продолжительности стравливания загона в течение одного цикла и к числу циклов стравливания. Размеры загонов назначают в зависимости от параметров дождевального устройства, расстояний между гидрантами и удельной ширины загона, приходящейся на 1 гол. (для коров – 1,5–2,0 м, молодняка старше года – 1,0–1,25, молодняка до 1 года – 0,5–1,0 м).

Полив культурного пастбища можно проводить дождевальными машинами и установками всех типов. Территория пастбищного поля должна быть увязана с границами загонов, скотопрогонов, конструкцией изгороди и ворот, параметрами дождевальных устройств.

Оросительная сеть может быть открытой, закрытой и комбинированной. Наиболее целесообразна закрытая сеть. При необходимости применения комбинированной сети закрытую сеть рекомендуется выносить за границы пастбища. Открытые каналы внутри пастбища необходимо ограждать изгородями: с одной стороны по бровке канала, с другой – на расстоянии 5 м от бровки для прохода дождевальных машин и механизмов по очистке каналов.

Схемы увязки пастбищных загонов с расположением оросительной сети приводятся на рис. 4.13.

К характерным особенностям технологии орошения дождеванием культурных пастбищ следует отнести необходимость подкашивания и вывоза не съеденной травы после каждого стравливания, разравнивание экскрементов, а также внесение минеральных удобрений перед или в процессе полива. Для взаимоувязки этих операций рекомендуется составить *совмещенный график поливов и стравливаний* загонов каждого орошаемого участка, при разработке которого учитывают продолжительность каждого цикла отрастания трав (20–30 дней), время начала выпаса скота в загоне после полива (как правило, не раньше чем через четыре-пять дней), продолжительность выпаса скота в одном загоне (не более 3 дней), продолжительность полива одного загона (не более 2 дней), число поливов за цикл стравливания, схему разбивки загонов для конкретной дождевальной машины и установки.

При проектировании орошаемых культурных пастбищ необходимо также предусматривать организацию снабжения водой животных с забором из гидрантов оросительной сети и подачи в стационарные копыта на специально оборудованных площадях.

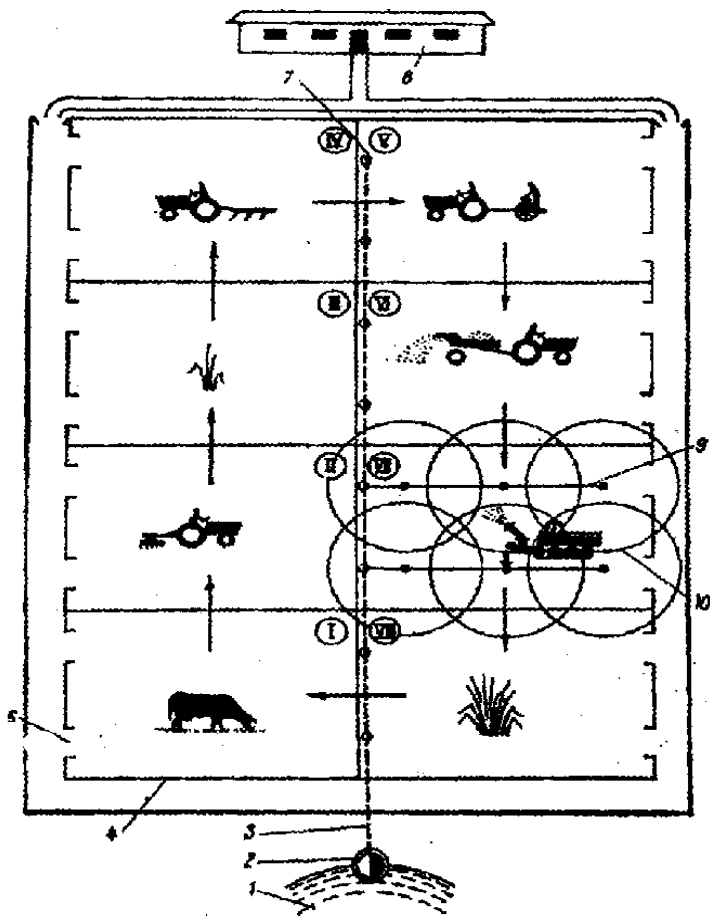


Рис. 4.13. Последовательность операций по уходу за травостоем в загонах орошаемого пастбища:

- I – стравливание травостоя; II – подкашивание остатков;
- III – начало отдыха и роста трав; IV – разравнивание экскрементов;
- V – подсев трав; VI – внесение удобрений; VII – полив;
- VIII – завершение отдыха и отрастания трав; I – водооточник;
- 2 – насосная станция; 3 – магистральный трубопровод;
- 4 – постоянная изгородь; 5 – скотопрогон; 6 – ворота; 7 – гидрант;
- 8 – ферма КРС; 9 – оросительный быстроразборный трубопровод;
- 10 – граница площади одновременного полива

### 4.3.2. Поверхностные самотечные поливы

Оросительные системы поверхностного полива применяются, как правило, в полупустынной и пустынной зонах, а также в районах, где с помощью дождевания из-за больших потерь поливной воды на испарение из дождевого облака (более 20 %) сложно обеспечить требуемый водный режим почв.

Поверхностное орошение – самый древний и наиболее распространенный во всем мире способ орошения из-за высокой энергоемкости. В аридной зоне им поливается около 98 % орошаемых земель. При этом способе орошения вода распределяется по поверхности почвы в виде сплошного слоя или отдельных струй. В зависимости от характера распределения поливной воды по полю и способа перевода в почвенную влагу поверхностное орошение может быть подразделено на три вида систем полива (рис. 4.14):

1) полив по бороздам, при котором вода в почву поступает преимущественно в боковом направлении (капиллярный ток) и частично в вертикальном (гравитационный ток);

2) полив по полосам, когда вода поступает в почву преимущественно гравитационным током при продвижении струи по полосе;

3) полив затоплением, при котором поливная вода распределяется по всей поверхности поля и просачивается в почву в вертикальном направлении в результате гравитационного тока (в основном после прекращения подачи воды).

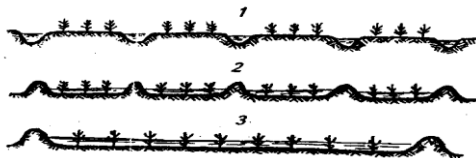


Рис. 4.14. Классификация поверхностных способов полива:

1 – полив по бороздам; 2 – полив по полосам;

3 – сплошное затопление

Системы поверхностного орошения нашли широкое признание в силу следующих преимуществ: простота и надежность в эксплуатации; отсутствие потребности в специальных машинах, дефицитных материалах, дополнительной энергии; возможность проводить поливы при

большой силе ветра; хорошее промачивание почвогрунта при влагозарядке, сравнительно малые затраты на строительство. Наиболее целесообразно поверхностное орошение применять на средних и слабых по водопроницаемости почвогрунтах при ровной поверхности поля (с преобладающими уклонами 0,002–0,01) с расположением грунтовых вод на глубине не менее 4–5 м от поверхности при необходимости орошения большими поливными нормами для создания значительных запасов влаги в почве (с целью обеспечения водопотребления сельскохозяйственных культур в условиях постоянной засухи – в аридной зоне).

Поверхностные самотечные способы полива имеют и ряд серьезных недостатков: необходимость использовать тяжелый ручной труд; большой объем планировочных работ при сложном микрорельефе; разрушение структуры почвы и потребность в дополнительном рыхлении междурядий (при поливе ширококормных культур); ухудшение воздушного режима почвы; неравномерность увлажнения почвы по длине поливных борозд и полос, что иногда приводит к подъему уровня грунтовых вод и засолению или заболачиванию орошаемых участков; низкий коэффициент использования земли вследствие прокладки открытых распределительной и поливной сетей; ухудшение условий механизации сельскохозяйственных процессов. Эти недостатки снижают степень технического совершенства поверхностного орошения, поэтому способ поверхностного самотечного полива требует в дальнейшем автоматизации, механизации или замены более совершенными способами.

*Полив по бороздам.* Сущность полива по бороздам заключается в том, что вода подается не на всю поверхность поля, а только в поливные борозды, расположенные в междурядьях возделываемых культур. Этим создается хороший водно-воздушный режим почвы. Поливы по бороздам применяются преимущественно при орошении ширококормных пропашных (хлопчатник, кукуруза, сахарная свекла, картофель, овощные и бахчевые, плодовые ягодные и др.) культур, но могут использоваться и при узкорядном севе. Уклоны местности при этом должны быть не более 0,05.

На практике длина борозд колеблется в пределах 200–400 м, а расход поливной струи – от 0,8 до 2,0 л/с.

Рекомендуемые поливные нормы для вегетационных поливов – 700–1000 м<sup>3</sup>/га, влагозарядковых – 1100–1600 м<sup>3</sup>/га.

Контуры увлажнения на легких почвах вытянуты вниз, а на тяжелых равномернее распространяются по глубине и в стороны

(рис. 4.15). С учетом изложенного расстояние между бороздами на песчаных и супесчаных почвах принимается равным 0,5–0,6 м, суглинистых – 0,6–0,8, на тяжелых суглинках и глинах – 0,8–1,1 м.

*Полив напуском по полосам* следует применять для орошения сельскохозяйственных культур преимущественно сплошного сева (зерновые, травы и т. д.) на спланированных участках при уклонах поверхности земли: поперечных – не более 0,002, продольных (в направлении полива) – не более 0,015.

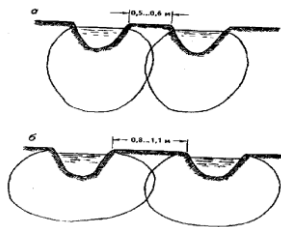


Рис. 4.15. Схемы контуров увлажнения почвы при поливе по бороздам:  
*a* – легкие почвы; *b* – тяжелые почвы

Полосы бывают узкими и широкими. Узкие полосы шириной от 1,8 до 7,2 м (кратные ширине захвата сельскохозяйственных машин) следует применять при поперечных уклонах местности от 0,001 до 0,002. Длина их – до 400 м. Широкие полосы (ширина до 25–40 м) используются на спланированной поверхности с продольным уклоном не более 0,001–0,003 и при отсутствии поперечных уклонов. Длина широких полос – до 600 м.

Чем тяжелее почва и чем больше уклон местности, тем длиннее можно делать полосы.

Удельные поливные расходы изменяются от 1 до 20 л/с на 1 м ширины полосы. Продолжительность полива изменяется от 1–2 ч при сильной водопроницаемости почвы и малых нормах до одних суток при слабой водопроницаемости почвы и при больших поливных нормах. Высота земляных валиков – 15–25 см, ширина в основании – 45–70 см. Валики делают постоянными с пологими откосами (1:1–1:4).

*Полив затоплением* – один из древнейших способов орошения. Применяется он при возделывании риса, лиманном орошении, промывке засоленных почв, а иногда и для полива лугов и пастбищ. Поля разбивают продольными и поперечными валиками на участки (чеки),

которые затапливают определенным слоем воды. На рисовых полях площадь чеков в зависимости от рельефа местности составляет от 0,5 до 5 га. В настоящее время применяют карты-чеки площадью до 25 га. При этом способе увлажнение почвы происходит гравитационным путем. Под полив затоплением в первую очередь отводят земли с очень малыми уклонами (не более 0,005) или безуклонные, с невысокой водопроницаемостью, хорошей естественной дренированностью, а также если грунтовые воды можно отвести дренажной сетью.

Полив затоплением является основным способом при выращивании риса. Ввиду специфичности режима орошения рисового поля его оросительная система имеет свои особенности. Наибольшее распространение получили рисовые мелиоративные системы двух разновидностей (краснодарская и кубанская).

Ряд смежных чеков, получающих воду из одного постоянного канала, образует так называемые карты краснодарского типа. Площадь карты колеблется в пределах 12–26 га и более. Ороситель, питающий расположенные на карте чеки, называется картовым. На противоположной от картового оросителя стороне на расстоянии, равном длине чеков, параллельно оросителю прокладывают картовый сброс. Таким образом, карта – это поливной участок, ограниченный с одной стороны картовым оросителем, а с другой – картовым сбросом.

Карты краснодарского типа имеют свои недостатки. Главный из них заключается в том, что основную часть сельскохозяйственных работ по возделыванию риса (вспашка, эксплуатационное выращивание, уборка и др.) выполняют в пределах чеков, сравнительно небольшие размеры, которые затрудняют механизацию, снижают производительность машин и механизмов.

Для механизации сельскохозяйственных работ лучшие условия создаются на рисовых картах-чеках широкого фронта подачи и сброса. Карты-чеки располагают длинной стороной вдоль горизонталей. В зависимости от рельефных условий длина карты составляет 400–1200 м, ширина – 75–200 м, площадь – 4–20 га. Карты планируют под одну отметку, в связи с чем карта, по существу, представляет собой один большой чек. При этом площадь карты-чека обслуживается одним оросительным каналом, выполняющим одновременно и функции сброса. Обращенная к чекам бровка безуклонного оросителя-сброса выполнена заподлицо с поверхностью чека. Это позволяет затапливать всю площадь чека одновременно по мере повышения уровня воды в канале. Сброс воды по всему фронту карты осуществляется открытием концевого сооружения на оросителе-сбросе. Заполнение и сброс воды

происходят здесь значительно быстрее, чем на картах краснодарского типа.

Дальнейшее совершенствование оросительных систем при поливе затоплением направлено на более рациональное использование водных и земельных ресурсов, создание оптимальных условий для работы сельскохозяйственных машин и сокращение затрат труда. Этому могут способствовать применение конструкции кубанской рисовой системы, более широкая замена открытой картовой и сбросной сети закрытой, автоматизация водораспределения.

*Временная оросительная сеть* предназначена для подвода воды от постоянной оросительной сети и ее распределения в поливную сеть при поверхностных немеханизированных поливах, а также для подвода воды к дождевальным машинам типа ДДА и ДКШ. Она состоит из временных оросителей, выводных и распределительных борозд и должна отвечать следующим требованиям: не размываться, не иметь обратных уклонов, командовать над прилегающей орошаемой площадью, быть прямолинейной и параллельной между собой.

Временная оросительная сеть на поливном участке может располагаться по двум схемам: поперечной и продольной (рис. 4.16). При продольной схеме вода из временных оросителей подается в выводные борозды, а из них – в поливную сеть, при поперечной схеме – непосредственно в поливные борозды или на полосы. Выбор той или иной схемы определяется в основном рельефом орошаемой территории.

Естественный уклон должен обеспечивать нарезку временных оросителей в полувыемке-полунасыпи с достаточным командованием их над выводными бороздами. Если это условие не обеспечивается, то по трассам оросителей отсыпают «подушки» с высотой подсыпки до 0,2 м.

Расход воды, по которому подбирается поперечное сечение временного оросителя, назначается таким, чтобы площадь, которую он обслуживает, была полита не позже чем за 2–3 суток при максимальной поливной норме. Рассчитывается расход (л/с) по формуле

$$Q_{в.о}^{нт} = \frac{mF}{86,4t}, \quad (4.23)$$

где  $m$  – максимальная поливная норма, м<sup>3</sup>/га;

$F$  – площадь, которую обеспечивает водой временный ороситель, га;

$t$  – продолжительность полива, сут.

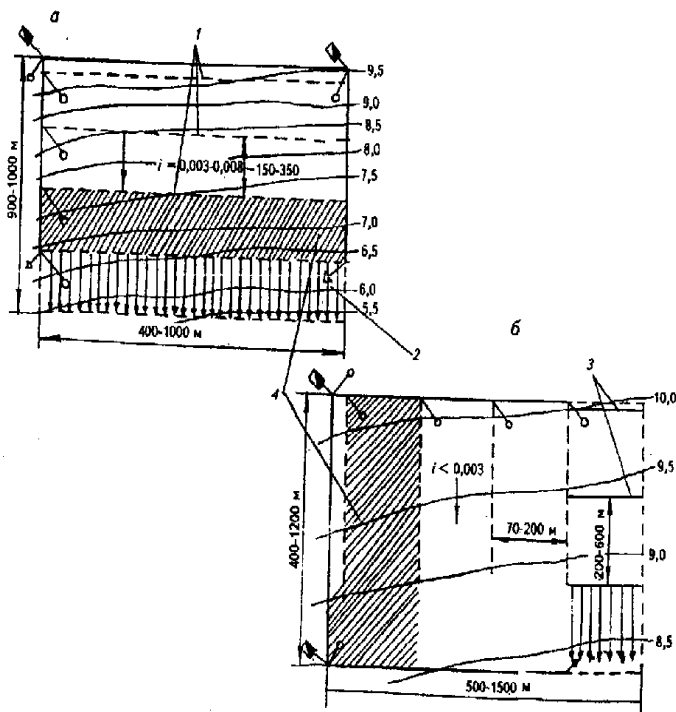


Рис. 4.16. Временная оросительная сеть:

*a* – схема поперечного сечения; *б* – схема продольного расположения;

1 – временные оросители; 2 – поливные борозды (полосы);

3 – выводные борозды; 4 – площадь, покомандная временному оросителю

Уровень воды во временных оросителях должен быть выше орошаемой поверхности при больших уклонах на 5 см, средних – на 10, малых – на 15 см.

*Регулирование подачи воды в борозды и на полосы.* Один из самых сложных трудоемких процессов при поверхностных самотечных поливах – регулирование подачи воды в борозды и на полосы. Воду из временной оросительной сети в поливные борозды и на полосы подают с помощью поливной арматуры, которая включает армирующие салфетки, поливные щитки, трубки, сифоны и перегораживающие перемычки.

Наиболее простым и старым приемом выпуска воды является выполнение (с помощью лопат или кетменей) в дамбочке выводной бо-

розды против каждой поливной борозды прорезей, через которые поступает вода. Чтобы предотвратить размыв, прорези укрепляют (армируют) дерном или салфетками (бумажными или полимерными). Более совершенны водовыпуски в борозды в виде трубок (рис. 4.17), устанавливаемых в дамбочке выводной борозды. Изготавливают трубки из различных материалов (пластмасса, металл, тростник и т. д.).

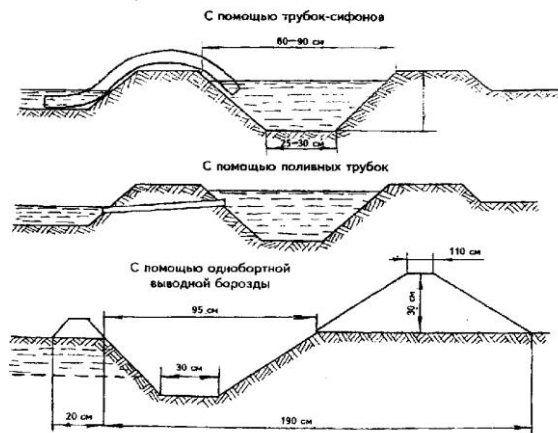


Рис. 4.17. Виды водовыпусков

*Механизация распределения воды.* Механизировать и автоматизировать процесс распределения воды между бороздами и полосами можно путем замены открытых временных оросителей и выводных борозд стационарными или перемещаемыми транспортирующими и поливными трубопроводами, а также путем применения специальных поливных машин и дождевальных устройств.

Полив с помощью трубопроводов находит все большее применение. Трубопроводы устраивают наземными и подземными. Первые из них могут быть гибкими и жесткими.

Гибкие поливные трубопроводы позволяют равномерно распределить воду в том случае, если по длине трубопровода создается одинаковый напор. Это достигается укладкой шланга по трассе с определенным положительным уклоном, зависящим в значительной степени от расхода воды трубопровода, его диаметра, длины и выровненности ложа. Перемещают и укладывают гибкие трубопроводы вручную или

механически с помощью навесных намоточных устройств. Такие трубопроводы могут присоединяться к каналам, лоткам или транспортирующим напорным трубопроводам по различным схемам (рис. 4.18).

Жесткие трубопроводы долговечнее гибких шлангов, они доступны для осмотра, легко промываются, возможна взаимозаменяемость отдельных секций. Недосток их – сложность перемещения с одной позиции на другую, параллельную позицию (на верхний или нижний ярус). Перемещать такие трубы желательно челночным способом.

Сочетание гибких или жестких переносных транспортирующих трубопроводов с поливными гибкими может заменить всю временную оросительную сеть.

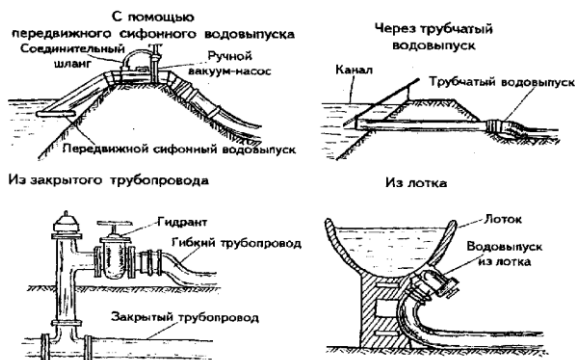


Рис. 4.18. Способы подачи воды в гибкие трубопроводы

Чтобы механизировать и автоматизировать поверхностные поливы, в последнее время широко применяют *поливные машины*. Под поливной машиной в общем случае понимают агрегат, совмещающий в себе функции насосной станции, распределительного и поливного устройства для поверхностного полива и способный перемещаться с позиции на позицию. Такие машины позволяют увлажнять земли, расположенные выше воды в каналах или других водоисточниках, а также площади с малыми уклонами. Они значительно повышают производительность труда поливальщиков, равномернее распределяют воду в поливные элементы. Применяют поливные машины преимущественно для полива неудобных земель (неправильной конфигурации, недостаточно спланированные, с малыми уклонами и т. д.), а также при недостатке

рабочей силы на землях нового орошения, в районах с нехваткой воды или в сложных гидрогеологических условиях (засоление, заболачивание). Наиболее широко применяются поливные машины ППА-165У, ППА-300, ПТ-250 и др.

#### **4.4. Ресурсосберегающие способы и технологии орошения**

*Необходимость совершенствования способов и технологий орошения.* Разнообразие сельскохозяйственных культур, возделываемых в различных природно-климатических условиях, предопределяет применение различных способов и техники орошения. Повышение требований, предъявляемых к способам и технике поливов, в особенности к качеству полива, экономии водных и земельных ресурсов, производительности труда, обусловило необходимость не только совершенствовать существующие, но и разрабатывать нетрадиционные способы и технологии орошения.

Все большую значимость приобретают разработка и внедрение экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий. При этом нельзя ограничиваться оценкой только технических показателей поливной техники, а необходим более широкий подход к этой проблеме, учитывающий условия, способы и технологии полива.

Сбережение энергии и материалов как при транспортировке воды, так и непосредственно в процессе полива, является определяющим направлением в энерго- и ресурсосберегающих технологиях орошения. Новые, нетрадиционные способы орошения (капельное и внутрипочвенное, синхронно-импульсное и микродождевание, аэрозольное увлажнение и т. д.), основанные на предельном рассредоточении тока воды и малой интенсивности водоподачи, дают возможность значительно снизить потребность энергии.

*Внутрипочвенное орошение.* Системы внутрипочвенного орошения применяются в первую очередь в степных, полустепных, пустынных зонах при остром дефиците воды для полива высокорентабельных сельскохозяйственных культур, а также вблизи населенных пунктов и животноводческих комплексов при использовании на орошение подготовленных городских сточных вод и животноводческих стоков.

При внутрипочвенном способе орошения корнеобитаемый слой почвы увлажняется с использованием труб-увлажнителей или кротовин, устроенных на небольшой глубине, или с помощью специальных приспособлений, которые вводят влагу непосредственно в корнеобитаемый слой.

Вода для увлажнения корнеобитаемого слоя подается по кротовинам, трубкам, желобам и т. д. Для устройства труб-увлажнителей применяют гончарные, пористые и полиэтиленовые трубы. Подпочвенные увлажнители обычно располагают на глубине 40–50 см от поверхности земли с расстоянием между ними 1–3 м (в зависимости от возделываемых культур и почв участка). Вода в почву поступает через стыки труб, которые обсыпают пористым материалом. Если в качестве увлажнителей используются пористые трубки, то стыки закладывают наглухо, а вода из трубок проникает в почву через поры стенок. При этом вокруг труб образуется увлажненная зона, имеющая первоначально вид овала, вытянутого книзу. Движение воды в зоне увлажнения при напорных системах происходит под действием гидростатического напора (силы тяжести) и капиллярных сил. Почва достаточно равномерно увлажняется по длине увлажнителей, если их длина не превышает 200–250 м.

В качестве увлажнителей в плотных грунтах можно использовать искусственные кротовины, которые нарезают в начале оросительного периода с помощью специальных кротователей или кротовых плугов. Кротовины выполняются на глубине 0,35–0,6 м при расстояниях между ними 0,5–1,5 м. Длина кротовин принимается 50–200 м, средний диаметр – 5–15 см.

В зависимости от рельефа местности устройство и расположение оросительной и увлажнительной сетей может быть запроектировано по продольной, поперечной или смешанной схемам.

*Капельное орошение.* Анализ принципиальных особенностей капельного орошения показывает его большую перспективность (рис. 4.19).

Такая система орошения может быть автоматизирована наиболее полно. Основной принцип данного способа – постоянное обеспечение растений водой и удобрениями в соответствии с физиологической потребностью и точно в требуемом количестве с помощью точечных микроводовыпусков-капельниц. При этом потери воды на испарение и фильтрацию минимальные, что особенно важно для районов с ограниченными водными ресурсами.

Капельным орошением почва увлажняется в зоне максимального развития корневой системы растений, где поддерживается хорошая аэрация. В корнеобитаемый слой вода подается под определенным напором по сети расположенных на поверхности или внутри почвы пластмассовых трубопроводов с помощью микроводовыпусков-

капельниц. Воду подают ежесуточно (в течение 3–4, иногда 12 ч) очень малым расходом (0,9–9,1 л/ч), что обеспечивает медленное (капельное) поступление ее в почву непосредственно около растений. В некоторых случаях вода может подаваться непродолжительное время один раз в несколько суток.

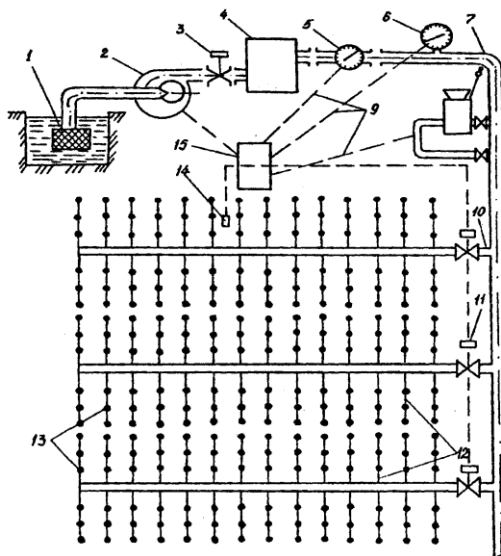


Рис. 4.19. Принципиальная схема системы капельного орошения:

- 1, 2 – водозаборный и напорообразующий узлы;
- 3 – головная задвижка; 4 – фильтр; 5 – водомерное устройство;
- 6 – манометр; 7 – магистральный трубопровод;
- 8 – устройство для подачи удобрений в поливную сеть;
- 9 – каналы связи; 10 – распределительный трубопровод;
- 11 – дистанционно-управляемая задвижка; 12 – поливные трубопроводы;
- 13 – капельницы; 14 – датчики необходимости полива;
- 15 – пульт управления

Наибольшее распространение капельное орошение получило в США, Австралии, Израиле, ФРГ, Франции, Италии и других странах. Капельное орошение применяется также в Молдове и в Украине.

Основным рабочим органом являются водовыпуски-капельницы, которые размещаются на поливных трубопроводах. Расстояние между капельницами на поливном трубопроводе определяется расположи-

ем орошаемых культур либо расчетом в соответствии с впитывающей способностью корнеобитаемого слоя почвы и водопотреблением растений. Разработано большое количество конструкций капельниц. Среди капельниц первого поколения известны капельницы из пластмассовых микротрубок. Расход воды в них регулировался изменением потерь на трение при изменении длины трубок. Вторую группу составляли винтовые капельницы. Вода в этих капельницах проходила по зазорам между нарезками винтов и цилиндров. Винты для регулирования расходов широко использовались и в микротрубках (рис. 4.20).

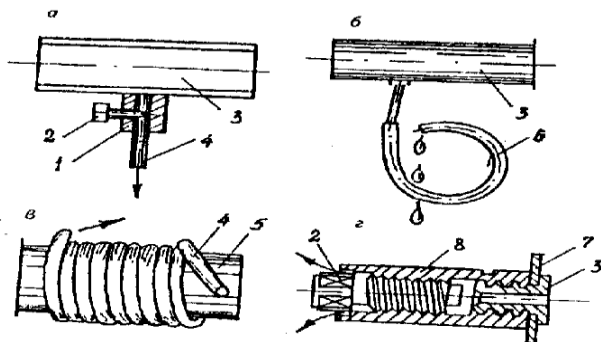


Рис. 4.20. Схема водовыпусков-капельниц:

- a* – микротрубка с винтом для регулирования расходов;
- б* – капельница «Диамант»; *в* – капельница «Триклон»;
- г* – капельница типа насадки с винтом; *1* – пробка;
- 2* – винт; *3* – втулка; *4* – микротрубка; *5* – поливной трубопровод;
- б* – трубка-завиток; *7* – стенка поливного трубопровода; *8* – цилиндр

Преимущества капельного орошения: снижение затрат труда на поливе, сохранение структуры почвы, отсутствие корки на поверхности почвы, возможность подавать удобрения непосредственно к корневой системе растений, снижение поливной нормы на 30–60 %, возможность применять на территориях с большими уклонами, повышение урожая на 30–40 % и более. Широкое распространение этого способа сдерживается из-за высоких расходов, так как требуется большое количество дорогостоящих пластмассовых деталей, которые периодически могут выходить из строя при неправильной эксплуатации. Существенный недостаток – возможность закупорки трубок (и капельниц) вследствие естественной загрязненности поливной воды, применения некачественных (нерастворимых) удобрений.

*Аэрозольное увлажнение.* Причиной резкого снижения урожайности сельскохозяйственных культур часто является засуха – почвенная и атмосферная. Атмосферная засуха наблюдается при высокой температуре и низкой влажности приземного слоя воздуха даже при высокой влажности почвы. Увеличение температуры воздуха выше определенного предела приводит к прекращению фотосинтеза и вызывает резкое снижение продуктивности растений. Кроме этого, при низкой влажности и высокой температуре воздуха на эвапотранспирацию затрачивается избыточное количество почвенной влаги.

Цель аэрозольного (мелкодисперсного) увлажнения – снижать температуру и повышать влажность приземного слоя воздуха, чтобы создать более благоприятный для развития растений микро- и фитоклимат. Основа метода заключается в периодической обработке растений мелкораспыленной водой с диаметром единичной капли 100–600 мк. Такое увлажнение проводится только в жаркие сухие дни, когда температура воздуха и листьев превышает физиологически оптимальную для данной культуры. Норма разового воздействия на растения составляет 100–500 л/га в 1 ч в зависимости от температуры и влажности воздуха.

*Субиригация.* К субиригации (называемой в Беларуси подпочвенным увлажнением) относят способ, при котором требуемая для растений подача влаги в корнеобитаемый слой осуществляется по почвенным капиллярам от искусственно управляемого (поддерживаемого на заданной глубине) уровня грунтовых вод.

Искусственный подъем уровня грунтовых вод может быть осуществлен одним из следующих путей: шлюзованием (подпором) сбросных, дренажных и оросительных каналов; подачей оросительной воды в поглощающие колодцы или по нарезанным на массиве сильно фильтрующим каналам; по проложенным на определенной глубине трубчатым увлажнителям; сплошным затоплением поверхности поля; уменьшением естественного оттока грунтовых вод; подпитыванием верхних слоев почвы напорными артезианскими водами через прорезанные «окна» в водоупоре.

В Беларуси широко распространена субиригация с помощью шлюзования на осушительно-увлажнительных системах с близким залеганием к поверхности почвы хорошо фильтрующего подстилающего слоя. От внутрпочвенного орошения шлюзование отличается небольшими капитальными вложениями, но вместе с тем и неравномерностью увлажнения почв, высокой инерционностью и невозможно-

стью регулировать водный режим почв в полном соответствии с потребностями всех возделываемых на осушаемом массиве культур.

*Импульсное дождевание.* Импульсное дождевание позволяет поддерживать оптимальную влажность почвы в течение всего вегетационного периода, создавать оптимальный для растений микроклимат при снижении расхода воды на единицу продукции, полностью исключить образование луж и эрозию почвы. Накоплен положительный опыт по применению этой технологии в различных регионах при возделывании овощей, чая, фруктов, люцерны, свеклы и других культур. Прирост урожая при этом существенно больше, чем при обычном дождевании.

Импульсное дождевание – одно из новых прогрессивных технологических направлений в орошении. Оно обеспечивает частые поливы при очень малых разовых поливных нормах, тем самым позволяя регулировать микроклимат, поддерживать относительную влажность воздуха на высоте растений в благоприятных пределах при снижении максимальной температуры в наиболее жаркие периоды дня в среднем на 2–3 °С.

Синхронное импульсное дождевание (СИД) позволяет осуществить принцип «непрерывного» снабжения сельскохозяйственных культур водой на протяжении всего вегетационного периода в соответствии с ходом их водопотребления. Приводится импульсными аппаратами нового типа, работающими по сигналам понижения давления в напорной сети. Работают аппараты одновременно на всей площади в режиме непрерывно чередующихся пауз накопления в гидропневмоаккумуляторах и периодов выброса воды под воздействием сжатого воздуха. Чтобы обеспечить водоподачу, равную водопотреблению сельскохозяйственных культур, продолжительность пауз накопления должна быть в 50–200 раз больше периодов выплеска воды; средняя интенсивность дождя при этом составляет 0,01–0,002 мм/мин.

*Приземное дождевание.* На качество обыкновенного дождевания большое отрицательное влияние оказывает ветер. Ветер, кроме того, увеличивает общие потери воды при дождевании. Поэтому для орошаемого земледелия в засушливых зонах с частыми большими скоростями ветра и низкой влажностью воздуха разработана технология приземного дождевания. Суть ее состоит в том, что вода разбрызгивается на высоте не более 1 м от поверхности почвы. Это позволяет дождевальным машинам работать при ветре до 12 м/с без существенных потерь воды.

Приземное дождевание можно проводить серийно выпускаемыми

дождевальными устройствами (ДДА-100МА, «Фрегат», «Кубань» и т. п.) путем их соответствующего переоборудования. Например, при переоборудовании ДДА-100МА дождевальные насадки заменяются шланговыми водовыпусками. Остальные узлы сохраняются полностью. Переоборудование этой машины для приземного дождевания позволяет повысить ее производительность, уменьшив потери воды на испарение до 20 %.

*Подкroновое дождевание (микродождевание).* Подкroновое дождевание по сравнению с обычным более экономично по затратам энергии и воды, оно позволяет получить прибавку урожая плодовых культур в 20–40 %. Применяется при орошении садов.

Для подкroнового дождевания используются малорасходные дождевальные микронасадки, расположенные под кроной, действующие под небольшим давлением и обеспечивающие качественное распыление дождя. При таком дождевании листовая поверхность растительности не увлажняется, снижается распространение грибковых заболеваний, с листьев не смываются средства защиты растений, уменьшаются потери воды на испарение.

*Увлажнение приземного слоя воздуха.* В засушливых районах на урожайность сельскохозяйственных культур как на богарных, так и на орошаемых землях в значительной степени влияют суховеи и пыльные бури. Степень повреждения культур зависит от интенсивности и продолжительности суховеев. Растения могут переносить без обратимых повреждений слабые суховеи в течение 4–6 сут, а очень интенсивные – только несколько часов.

В *борьбе с суховеями* наибольшее значение имеет орошение. Обычное орошение, в том числе и дождевание, смягчает действие атмосферных засух, но полностью снять их влияние, особенно при сильных суховеях, не может.

Однако наиболее кардинальным решением проблемы по борьбе с суховеями является аэрозольное увлажнение, применяемое на крупных массивах. Образовавшееся при таком аэрозольном увлажнении огромное облако мелкодиспергированной воды перемешается ветром и покрывает большую площадь, снижая температуру приземного слоя и повышая относительную влажность воздуха.

В Беларуси суховеи встречаются крайне редко. Но здесь есть другая опасность. Ранние и поздние весенние заморозки часто снижают урожай (или вообще приводят к гибели) овощных культур, ягодников, виноградников и садов. Для защиты растений от заморозков можно

применять следующие разновидности поливов дождеванием: предзаморозковые или предупредительные, проводимые заблаговременно, до наступления заморозков; поливы охлаждающие, чтобы сдвинуть сроки наступления фазы цветения у плодово-ягодных культур; противозаморозковые, осуществляемые непосредственно в период заморозков. Наиболее надежен и практически отработан последний метод.

Противозаморозковое дождевание основано на выделении или поглощении тепла при переходах воды из одного фазового состояния в другое, например из жидкого в твердое или из газообразного в жидкое. Увлажнение почвы увеличивает ее теплоемкость и теплопроводность, что способствует накоплению в ней тепла до заморозков, а также его передаче к поверхности почвы из более глубоких теплых слоев в период заморозков. Во время заморозков температура используемой на поливе воды обычно значительно выше температуры почвы и приземного слоя воздуха, поэтому подача оросительной воды уже способствует повышению температуры среды обитания растений.

Как показали опыты в условиях Московской области, противозаморозковое дождевание позволило высаживать томаты на месяц раньше обычного и получать более высокие урожаи.

*Лиманное орошение.* Лиманное орошение – это путь в использовании талых вод для однократной весенней влагозарядки почвы. При лиманном орошении территорию с низовых сторон окружают валами или дамбами, с помощью которых задерживают стекающую с водосбора (или сбрасываемую из водохранилища) воду. Задержанная вода проникает в почву, а излишки ее сбрасывают через водообходы и специально устроенные водовыпуски.

К преимуществам лиманного орошения относятся: простота устройства и эксплуатации, дешевизна, возможность орошать повышенные участки без применения водоподъема, увеличение внутреннего влагооборота, снижение эрозийных процессов. Недостатки: возможность проведения только одноразового весеннего полива; ограничение применения по условиям рельефа, почв и выращиваемых сельскохозяйственных культур; неравномерность увлажнения почвы по площади и непостоянство орошаемой площади по годам вследствие колебаний стока.

В зависимости от характера источника, способа регулирования и глубины заполнения применяют несколько видов лиманов.

По расположению в плане лиманы могут быть одноярусные (протые), образуемые только одним валом или дамбой, и многоярусные,

образуемые несколькими рядами дамб или валов. В этих случаях вода поступает из верхних ярусов в нижние через водообходы и водовыпуски, которые устраивают в оградительных каналах.

По глубине затопления водой лиманы подразделяются на мелкие (глубина воды – 0,15–0,40 м), средние (0,40–0,70 м) и глубокие (более 0,7 м).

Размеры лиманов зависят от рельефа местности и почв, а также величины стока. Длина и ширина яруса лимана не должна стеснять механизацию сельскохозяйственных работ. Как правило, лиманы имеют ширину яруса 100–700 м, а длину – 400–1000 м.

Норма лиманного орошения зависит от климатических условий, водно-физических свойств почвогрунтов, характера сельскохозяйственного использования и других факторов и принимается в пределах 1500–4000 м<sup>3</sup>/га.

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 сут.

#### **4.5. Поливы в особых условиях**

*Орошение садов и ягодников.* В повышении урожайности садов и ягодников наряду с другими факторами (специализация и концентрация, сортовой состав, агротехника и т. д.) важное значение имеет их орошение. При этом следует отметить, что плодово-ягодные культуры отличаются повышенной требовательностью к водному режиму, расходуют большое количество воды на эвапотранспирацию. Все это приводит к тому, что естественный водный режим почв в большинстве случаев часто отклоняется от оптимального для плодово-ягодных культур.

Многочисленными исследованиями установлено, что режим орошения плодово-ягодных культур зависит от большого количества факторов (возраст, система содержания междурадий, природно-климатические условия, способ полива и т. д.). Оптимальная влажность корнеобитаемого слоя почвы для садов мало изменяется в течение периода вегетации и может быть принята равной 60–80 % от наименьшей влагоемкости. Меньшие величины характерны для легких почв, большие – для тяжелых.

Глубина расчетного слоя увлажнения при орошении дождеванием в молодых садах рекомендуется в пределах 50–60 см, в плодоносящих – 60–80 см. При поверхностных поливах расчетный слой может быть увеличен до 100–120 см.

*Орошение сточными водами* позволяет решить две важные хозяйственные задачи: обогатить почву водой и содержащимися в ней питательными веществами, что способствует получению высоких и устойчивых урожаев, сокращает затраты минеральных удобрений; попутно путем фильтрации через почву производить очистку и обезвреживание сточных вод, значительно снижая или исключая загрязнение водоемов и окружающей среды.

Проблема орошения с использованием животноводческих стоков актуальна в связи с наличием крупных животноводческих комплексов, переводом животных на бесподстилочные способы стойлового содержания и применением гидравлических систем навозоудаления. Применение животноводческих стоков в растениеводстве для удобрительного орошения по типу сельскохозяйственных полей орошения экономически оправданно. Эффективность животноводческих стоков объясняется не только наличием в них питательных элементов в растворимой и легкодоступной для растений форме, но и содержанием биологически активных веществ, микроэлементов, благоприятно влияющих на рост и развитие растений и на активизацию микробиологических процессов в почве.

Режим орошения сельскохозяйственных культур животноводческими стоками имеет свои особенности, которые определяются, прежде всего, удобрительной ценностью стоков. Поэтому при назначении поливного режима принимают во внимание объем недопотребления сельскохозяйственных культур, потребность их в удобрении, объем животноводческих стоков и содержание в них питательных веществ. Сначала, как правило, определяют поливные и оросительные нормы, рассчитанные по недопотреблению сельскохозяйственных культур общеизвестными в орошаемом земледелии методами на год расчетной обеспеченности с проверкой на средний (50 %) и на влажный год (10 %). На основании этих расчетов составляется график увлажнительных поливов.

Затем устанавливают годовые нормы внесения животноводческих стоков, на основании чего составляется график удобрительных поливов с учетом оптимальных сроков и разовых норм внесения питательных веществ под сельскохозяйственные культуры применительно к основным фазам.

После этого путем совмещения графиков увлажнительных поливов водой и удобрительных поливов стоками составляется укрупненный график увлажнительно-удобрительных поливов. При его составлении допускается изменение сроков удобрительных поливов стоками на 5–7 дней.

Оросительные системы с использованием животноводческих стоков (ОСС) должны проектироваться из условия приема всего годового объема стоков для полива в теплый период года. Круглогодичное орошение допускается предусматривать при отсутствии сезонного промерзания почв с обоснованием природоохранных мероприятий, включающих возможность загрязнения окружающей среды.

*Орошение в защищенном грунте.* Чтобы полностью удовлетворять в течение года потребности населения в овощах, ускоренными темпами развивается овощеводство закрытого грунта. Для этого предназначены культивационные сооружения (теплицы) различных видов (зимние, весенние, рассадные и т. д.). В защищенном грунте выращивают огурцы, томаты, редис, салат, лук зеленый и другие культуры. В теплицах готовят для открытого грунта рассаду капусты и томатов. Специфические условия выращивания культур в теплицах (отсутствие естественных атмосферных осадков, ветра и т. д.) накладывают свой отпечаток и на режим поливов в них.

Чтобы определить величину водопотребления растений в теплицах, применяется метод, основанный на связи его с притоком суммарной солнечной радиации. Эта радиация находится с помощью интегратора и пиранометра, которые устанавливают внутри теплицы. Учет ведется ежедневно. На основе данных за одни, двое и более суток от предыдущего полива вычисляют норму полива (расчетное суммарное водопотребление, л/м<sup>2</sup>) по формуле

$$m = (1,02T + 0,011Q) K, \quad (4.24)$$

где  $T$  – время, за которое определяется норма полива, сут;

$Q$  – приток суммарной солнечной радиации, кал/см<sup>2</sup>;

$K$  – коэффициент зависимости нормы полива от водно-физических свойств почв и месяца вегетации.

Нормирование поливов данным методом рекомендуется начинать через 7–10 дней после посадки рассады в теплицу с исходной влажностью почвы 70–75 % наименьшей влагоемкости (НВ). Частота поливов зависит от фазы роста и развития растений, притока солнечной радиации. Если суточный приток радиации ниже 50 кал/см<sup>2</sup>, огурцы поли-

вают раз в 3 дня, томаты – 1 раз в 5–7 дней; при поступлении 50–200 кал/см<sup>2</sup> поливы проводят соответственно через 2–3 и 4–5 дней. Если суточный приток радиации превышает 200 кал/см<sup>2</sup>, то культуры поливают почти ежедневно, а томаты – 1 раз в 3–4 дня. Поливать огурцы и особенно томаты после 15 ч не рекомендуется, так как растения до наступления ночи должны стать сухими. Лучшее время для полива – утренние солнечные часы.

Для более полного впитывания воды в грунт и во избежание ее стока в дренажную сеть нормы полива определяют таким образом, чтобы за один цикл огурцы получали не более 2–3 л/м<sup>2</sup>, томаты – 5–6 л/м<sup>2</sup>. Количество поливов (2–3) устанавливают в зависимости от величины поливной нормы. Средняя поливная норма в зимних теплицах для огурцов колеблется в пределах 3–6 л/м<sup>2</sup>, для томатов – 6–14 л/м<sup>2</sup> (в зависимости от месяца вегетации).

В теплицах для орошения часто применяется дождевание, осуществляемое с помощью специальных дождевальных насадок. Перспективно также внутрипочвенное и особенно капельное орошение.

*Орошение огородов.* В последнее время в Республике Беларусь больше внимания уделяется развитию огородничества и фермерских хозяйств. На этих участках, особенно на огородах, в основном выращивают овощи и плодово-ягодные культуры.

При поливе небольших огородных участков следует учитывать и биологические особенности овощных культур. Так, при выращивании капусты необходимы умеренная температура воздуха и повышенная влажность почвы. Следует также иметь в виду, что раннюю и цветную капусту необходимо поливать в первую очередь. Однако избыточное увлажнение также не приносит пользы. Крупные листья и клетки тканей капусты не приспособлены к экономному расходованию воды, а восковой налет является слабой защитой от усиленного испарения. Для поздней и среднеспелой капусты умеренная влажность в начале вегетации не приводит к снижению урожайности, так как корневая система растений проникает в более глубокие слои почвы, где запасы влаги сравнительно устойчивы. Если капуста предназначена для хранения, то никаких поливов в течение последнего месяца перед уборкой проводить не следует.

Растения огурца очень требовательны к влажности почвы. Однако в период от всходов до цветения его также рекомендуется поливать умеренно, т. е. можно снижать влажность почвы до 70 % НВ. Но в период плодоношения необходимо поливать после каждого сбора (около 1,5 ведра на 1 м<sup>2</sup>).

Томаты к влажности почвы предъявляют умеренные требования, поскольку их листья и стебли хорошо защищены от испарения ворсинками. Лучше всего их поливать локально, подавая воду непосредственно к нижней части стебля и не допуская попадания воды на листья растений. Учитывая способность томатов к развитию мощной массы и слабую сосущую силу корневой системы, их необходимо поливать чаще в период от начала плодообразования до начала созревания.

Большое внимание в республике уделяется любительскому садоводству, которое в перспективе займет около 80 тыс. га, что по площади близко к общим размерам специализированных плодово-ягодных совхозов и межхозяйственных плодовых комплексов. Очевидно, найдут в перспективе широкое распространение и плодовые кооперативы.

Особенности орошения садов и ягодников изложены выше. Садоводам-любителям следует поливать плодово-ягодные культуры исходя из следующего расчета (табл. 4.5).

Рекомендуемое общее количество подаваемой с поливом воды (оросительная норма) в сухой год в расчете на 1 м<sup>2</sup> площади питания за период вегетации составляет для сливы 12 ведер, вишни – 10, смородины – 19, крыжовника – 12, малины – 11, земляники – 14 ведер. Землянику лучше поливать малыми нормами, но часто, а крыжовнику, вишне, яблоне нужны редкие поливы, но большими нормами.

Таблица 4.5. Нормы полива плодово-ягодных культур, ведер/м<sup>2</sup>

Культуры	Почвообразующая порода	Норма полива, ведер/м <sup>2</sup>
Неплодоносящие деревья	Супесь	2–3
	Суглинок	3–4
Плодоносящие яблони, груши	Супесь	3–4
	Суглинок	4–5
Плодоносящие сливы, вишни	Супесь	2–3
	Суглинок	3–4
Смородина, крыжовник	Супесь	2,0–2,5
	Суглинок	2,5–3,0
Земляника, малина	Супесь	1,5–2,0
	Суглинок	2–3

*Орошение лесных питомников.* Глубину увлажнения в посевных отделениях лесных питомников принимают равной 0,1–0,3 м, в школь-

ных – до 0,5 м, в молодых насаждениях – 0,4–0,5 м, в лесопарковых зонах – 1,0–1,2 м. Первый предпосевной полив рекомендуется проводить в марте-апреле перед посевом семян. После посева семян следует проводить поливы для ускорения прорастания семян. После появления массовых всходов поливы производят в мае через 10–11 дней, в течение летнего сезона – через 7–10 дней. Всего за вегетационный период в посевном отделении проводится 14–15 поливов, в посевном отделении двухлеток – 8–12, в школьном отделении однолеток – 10–12 поливов.

#### **4.6. Сооружения, дороги и защитные лесные насаждения**

*Сооружения на открытой оросительной сети.* Для обеспечения своевременной подачи воды на поливные участки устраивают на открытой оросительной сети специальные гидротехнические сооружения. Как правило, они выполняются по типовым чертежам из сборных железобетонных конструкций.

В зависимости от назначения сооружения подразделяются на следующие типы:

*сооружения по регулированию расходов воды.* К ним относят регуляторы-водовыпуски, водомеры и вододелители. Регуляторы-водовыпуски строят в голове всех распределительных каналов и временных оросителей для регулирования расходов;

*сооружения по регулированию уровней воды.* Бывают перегораживающими и подпорными. В общем, это шлюзы-водовыпуски с щитовыми затворами, которые полностью или частично перекрывают водный поток, т. е. подпирают его и тем самым поддерживают требуемый уровень воды;

*сооружения, регулирующие скорость движения воды.* Устраивают при больших уклонах местности (быстротоки, перепады и консольные сбросы);

*сооружения, служащие для проведения воды в каналах через естественные или искусственные препятствия* (овраги, дороги, каналы). К ним относят акведуки, дюкеры, трубы;

*Сооружения для регулирования качества оросительной воды.* Служат для задержания наносов и недопущения попадания их в оросительную сеть из источника орошения (отстойники, песколовки и т. д.).

*Трубчатая оросительная сеть.* Трубчатая оросительная сеть представляет собой стационарные разборные (перемешаемые по площади)

трубопроводы. Она имеет следующие положительные качества: высокий коэффициент полезного действия системы вследствие отсутствия потерь воды на фильтрацию и испарение; отсутствие помех для механизации сельскохозяйственных работ и высокий коэффициент земельного использования (в случае подземных трубопроводов); возможность распределения воды в условиях сложного рельефа, обеспечения автоматизации и телеуправления процессами полива, использования естественного напора на повышенных уклонах местности. К недостаткам относятся: потребность в большом количестве труб, что значительно повышает капитальные и эксплуатационные затраты; необходимость механического создания нужного напора в трубопроводах при отсутствии или недостатке естественного напора.

*Арматура на трубчатой оросительной сети.* Для обеспечения нормальной работы трубчатой оросительной сети на ней предусматриваются специальные сооружения (арматура), которые аналогичны по конструкции арматуре сетей водоснабжения.

В целом трубчатая оросительная сеть должна быть оборудована следующей арматурой:

*гидрантами-водовыпусками* для подключения поливной или дождевальной техники. Это самые многочисленные сооружения на закрытой оросительной сети. Располагают их обычно на полевых трубопроводах. Расстояние между ними зависит от параметров и условий применения дождевальных и поливных устройств. Гидранты-водовыпуски выполняют в виде стояков с задвижками выше поверхности земли или в специальном колодце для предохранения их от повреждений;

*поворотными затворами* (задвижками), которые устанавливаются в начале каждого оросительного трубопровода, а также на ответвлениях, через которые просматривается сброс воды при опорожнении ремонтных участков;

*вантузами* для удаления воздуха, которые устанавливаются в повышенных переломных точках профиля и в концевых или начальных точках оросительных трубопроводов (в зависимости от рельефа местности);

*противоударной арматурой и клапанами* для впуска и выпуска воздуха;

*предохранительными сбросными устройствами*, устанавливаемыми в концевых точках распределительных (оросительных) трубопроводов, предохраняющих от повышения давления в сети вследствие сокращения водоотбора;

*регуляторами давления.*

Для размещения задвижек, гидрантов, предохранительных и обратных клапанов, выпусков и другого оборудования, требующего относительно частого осмотра, на закрытой трубчатой оросительной сети устраиваются колодцы или камеры. Колодцы, как правило, изготавливают из сборного железобетона. Допускается устройство колодцев из местных материалов (из кирпича или монолитного бетона). Параметры колодцев в плане определяются количеством и размерами размещаемой в них арматуры с учетом допустимых минимальных расстояний от элементов арматуры до внутренних поверхностей колодцев в соответствии с технологическими требованиями обслуживания арматуры.

*Дороги и защитные лесные насаждения на орошаемых землях.* На оросительных системах предусматривают следующие виды дорог: полевые, внутрихозяйственные, межхозяйственные и эксплуатационные. Дорожная сеть должна быть увязана с расположением проводящей сети оросительных каналов. При проектировании дорог необходимо также стремиться, чтобы число искусственных сооружений на дорогах (мосты, трубы) было минимальным.

При проектировании дорог стремятся к тому, чтобы одна и та же дорога могла совмещать различные функции, например, была внутрихозяйственной и эксплуатационной и т. д. Переезды через каналы устраивают в виде мостов или труб. По возможности их следует совмещать с водовыпускными и другими сооружениями.

На оросительных системах предусматриваются также защитные лесные насаждения (лесополосы). Они обеспечивают снижение скорости ветра, уменьшение испарения влаги, ухудшение микроклимата, защищают поля от ветровой эрозии, а сельскохозяйственные культуры – от засух и суховеев, задерживают на полях снег.

Лесные полосы располагают по границам хозяйств, севооборотных участков, полей, вдоль крупных оросительных каналов, дорог и по берегам водохранилищ. Площадь, занимаемая ими, может составлять около 4 % от площади орошения. Длину лесополосы необходимо принимать не менее 60 % от длины каналов.

Лесные полосы закладывают обычно из высокорастущих деревьев с невысоким подпаском (продуваемая конструкция). Конкретный выбор конструкции полос и древесных пород осуществляют по соответствующим рекомендациям. В плане расположение лесных полос на орошаемых землях необходимо увязывать с трассами каналов, лотков, трубопроводов и организацией территории. Как правило, их необходимо располагать в двух взаимно перпендикулярных направлениях:

продольные (основные) лесные полосы – поперек преобладающих в данной местности ветров (суховейных, вызывающих пыльные бури, метелистых); поперечные (вспомогательные) лесные полосы – перпендикулярно продольным.

#### **4.7. Эксплуатация оросительной системы**

Эксплуатация оросительной системы включает: осуществление планового водопользования в системе и в орошаемых хозяйствах; поддержание в исправности всех элементов системы; организацию работы их в соответствии с плановыми хозяйственными заданиями и теми условиями (климатические, гидрогеологические и др.), в которых система работает; реконструкцию систем на базе внедрения новой техники и технологии; контроль за экономным использованием водных и земельных ресурсов; улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель и др.

Надежная и долговечная работа оросительных систем возможна только при проведении ремонтных работ. Ремонт бывает текущий, капитальный и аварийный.

При текущем ремонте устраняют небольшие повреждения гидротехнических сооружений, очищают каналы от наносов, исправляют их дно, откосы, покрытия и др. Разновидность текущего ремонта – профилактический, т. е. систематический уход за сооружениями и оборудованием для обеспечения их нормального функционирования.

Капитальный ремонт выполняют в тех случаях, когда текущие ремонты не могут обеспечить нормальную эксплуатацию системы. При капитальном ремонте осуществляют полную или частичную замену конструкций, сооружений новыми, более совершенными, убирают крупные оползни на каналах, устраняют другие серьезные повреждения.

При аварийном ремонте ликвидируют аварийное состояние сооружений, конструкций, устраняют последствия самих аварий.

Составы, объемы и сроки ремонтных работ устанавливают специальные комиссии и обосновывают техническими документами, дефектными ведомостями. Осмотры и обмеры сооружений выполняют ежегодно после окончания вегетационного периода. Для проведения капитального ремонта разрабатывают специальные проекты на основании предварительных изысканий и данных эксплуатационной службы.

Оросительные системы рассчитаны на длительный срок службы, в течение которого, естественно, выявляются положительные и отрица-

тельные стороны их работы, возникает потребность в совершенствовании, переустройстве и дооборудовании систем на основе современных достижений мелиоративной науки и практики.

В зависимости от технического состояния выделяют 4 разряда систем: I – в хорошем состоянии, переустройство и дооборудование не требуется; II – в удовлетворительном состоянии, необходимо частичное дооборудование и переустройство (до 25 % существующей стоимости); III – в состоянии ниже удовлетворительного, требуется дооборудование и переустройство (26–50 % стоимости); IV – в неудовлетворительном состоянии, необходимо значительное переустройство и дооборудование (свыше 50 % существующей стоимости). Техническое состояние систем оценивают при проведении их паспортизации и инвентаризации.

Для каждой оросительной системы разрабатывают перспективный план переустройства и дооборудования. В нем освещают: состав мероприятий по совершенствованию системы с оценкой их эффективности; показатели системы после проведения мероприятий по переустройству и дооборудованию с оценкой эффективности системы после выполнения запланированных мероприятий; очередность и сроки проведения ремонтных работ.

Мероприятия, предусмотренные перспективным планом, должны быть направлены на повышение коэффициентов земельного использования в зоне системы и коэффициентов полезного действия системы (уменьшение фильтрационных потерь воды), улучшение водообеспеченности систем, мелиоративного состояния земель, эксплуатационного оснащения системы, снижения засоления земель и поступления насосов из водисточника в систему, увеличение посадок деревьев вдоль каналов, дорог, внедрение диспетчеризации и др. Цель их – совершенствование оросительной системы, доведение ее технического состояния до I и II разрядов.

Перспективный план является первичным документом, на основании которого составляют проекты по переустройству и дооборудованию системы. Его ежегодно уточняют и дополняют.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие бывают виды оросительных мелиораций?
2. Что понимается под режимом орошения?
3. В чем заключается смысл укомплектования графика полива?

4. Перечислите составные элементы оросительной системы.
5. Что такое поливной участок и как определяются его размеры и форма?
6. Вычертите и поясните типовые схемы оросительной сети при дождевании.
7. Как определить необходимое количество дождевальных машин и марку насосной станции для обслуживания данного севооборота?
8. Изложите сущность совершенствования способов и технологий орошения.

## **5. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ВИДЫ МЕЛИОРАЦИЙ**

### **5.1. Культуртехнические мелиорации**

#### **5.1.1. Развитие культуртехнических мелиораций**

Этот старейший вид земельных улучшений (слово «культуртехника» заимствовано из немецкого языка) представляет собой систему мероприятий по отвоеванию лесов и кустарников под пашню и луга. Культуртехника направлена на приведение поверхности и пахотного слоя почвы в пригодное для сельскохозяйственного использования состояние. Она включает: расчистку земель от древесно-кустарниковой растительности, пней, камней, кочек, мохового покрова и старой дернины, выравнивание поверхности (засыпка канав, ям, карьеров, срезка бугров, ликвидация старых каналов, борозд) и придание полям правильной конфигурации, устранение мелких контуров, окультуривание почвы (увеличение мощности гумусового слоя и запаса питательных веществ в нем до нормального уровня в плановые сроки), фосфорирование почвы, снижение кислотности и щелочности почвы (известкование, гипсование и др.).

В Республике Беларусь необходимость проведения культуртехнических мероприятий вызывается тем, что в ней 10 % пашни завалунено, низкое содержание гумуса (менее 1,5 %) имеют 14 % сельскохозяйственных угодий, средний размер контура пашни составляет 11,2 га (в Витебской обл. – 3–5 га) и т. д.

За время исторического развития культуртехнической мелиорации основные изменения претерпели технологии производства этих видов работ и состав мероприятий. Например, от ручной корчевки пней и выборки камней постепенно переходили к использованию тяги лоша-

дей и волов, в последующем – тракторов и специальных машин, пневмомолотов, взрывного способа и электрических разрядов для разрушения камней и пней.

Усилия конструкторов были направлены на создание мобильной корчевальной машины.

### 5.1.2. Культуртехническая карта

Для определения видов и объемов работ по культуртехнической мелиорации проводят почвенно-мелиоративные, геоботанические и культуртехнические обследования объектов освоения, материалы которых используют для хозяйственной оценки земель и выбора оптимальных технологий для проведения культуртехнических работ.

*Залесенность земель* характеризуется плотностью древостоя по количеству стволов на 1 га, породному составу и среднему диаметру стволов на уровне около 1,5 м от поверхности.

*Закустаренность земель* оценивают по высоте, диаметру (у корневой шейки) и плотности покрытия проекциями крон, а также по количеству стволов на 1 га.

По технологическим свойствам древесно-кустарниковые породы подразделяют на одноствольные, у которых корневая система стержневая или слаборазветвленная (береза, осина, дуб, кедр, ель и др.), и гнездовые, имеющие разветвленные корни и нередко корневые кочки-колбы (ива, орешник, черемуха, крушина, шиповник, ольха серая и др.).

*Пни* характеризуют по размерам, давности рубки и породному составу.

Размеры пней определяют по диаметру (см): мелкие – 12–23, крупные – 23–40, очень крупные – более 40.

По давности рубки леса (возрасту) пни различают: свежей рубки – 1–2 года, средней давности рубки – 3–4 года, давней рубки – 5–8 лет.

По характеру корневой системы в зависимости от породы дерева и почвенных условий пни подразделяют на следующие группы:

с глубоким стержневым корнем и глубокими боковыми корнями (дуб, сосна);

с глубоким стержневым корнем и неглубокими боковыми корнями (береза и др.);

с боковыми горизонтально разветвленными корнями – стелющейся корневой системой (ель, серая ольха, сосна на болотах и др.).

*Засоренность почвы погребенной древесиной встречается на торфяниках. Ее оценивают методом зондирования торфа на глубину до 50 см .*

*Каменистость почвы* определяют по наличию камней (покрытие почвы) и их объемам.

По размерам (среднему диаметру) камни подразделяют на глыбы – более 1 м; крупные – 0,6–1,0 м; средние – 0,3–0,6; небольшие – 0,1–0,3; мелкие – 0,05–0,1 м; гальку и щебень – 0,01–0,05 м.

Размер (объем) камня ( $V$ , м<sup>3</sup>) определяют по его среднему диаметру:  $V = 0,7 d^3$ , где коэффициент 0,7 учитывает форму камня. Средний диаметр  $d$  определяют путем измерения длины, ширины и высоты камня (сумму трех величин делят на три).

Наличие полускрытых и скрытых камней определяют на глубине до 30 см.

Закустаренность и каменистость почвы снижают урожайность сельскохозяйственных угодий.

*Кочки* по происхождению подразделяют на земляные (землистые) и растительные. К земляным относят скотобойные, муравейниковые, кротовинные, а также кочки-глыбы, образовавшиеся при вспашке; к растительным – осоковые, пушицевые, щучковые и моховые.

Закочкаренность площади определяют по количеству кочек, приходящихся на 1 га: редкие кочки – менее 5 тыс. шт., средние – 5–15 тыс. шт., густые – более 15 тыс. шт.

По высоте различают низкие (карликовые) кочки – менее 25 см, средние – 25–40, крупные – 40–55 и огромные (очень крупные) – 55–70 см и более.

*Другие неровности рельефа* (ямы, старые канавы, западины, мочажины, бугры и пр.) оценивают также по размерам и количеству на 1 га.

Дернина – это поверхностный слой почвы с многолетней травянистой растительностью, отличающийся значительной связанностью частиц почвы корнями растений и наличием органического вещества. Дернина различается по виду растительности (бобово-злаковая, осоковая, торфяно-моховая и др.), происхождению (сеяная, дикорастущая), по плотности и связи с почвой (рыхлая и связная). По толщине (мощности) ее разделяют на слабую – до 6 см, среднюю – 7–12 и мощную – 13–20 см и более.

Результаты обследований заносят в почвенно-мелиоративную характеристику земельного участка, на основании которых для наглядности с помощью условных обозначений составляется почвенно-мелиоративная карта.

### 5.1.3. Технология и механизация культуртехнических работ

*Удаление кустарника и мелколесья кусторезом.* Перед началом работы участок осматривается и разбивается на загоны по одной из схем работы кусторезом: спирально-челночной, загонной и в свал. Пни старой рубки диаметром 15 см и более удаляются отдельно. Полосы разворота кусторезом следует очищать от древесной растительности. На зарослях с редким кустарником применение кусторезов нецелесообразно. Срезка лучше выполняется в условиях промерзания почв: минеральных – на 10–15 см, торфяно-болотных – на 20 см. Тонкоствольный, гибкий кустарник (ивняк) лучше срезать при наличии снежного покрова (30–50 см), обеспечивая этим сопротивление изгибу стволов.

Очистка обрабатываемой площади от пней и корней, оставшихся после удаления наземной части древесной растительности, производится навесными корчевальными боронами в два перекрестных следа с разрывом 3–5 дней челночным или спирально-челночным способом. Сгребание выкорчеванных пней осуществляется корчевателями-собираателями с перетряхиванием через 7–15 дней. Во всех случаях эти операции нельзя проводить в дождливую погоду, когда на корнях остается мокрая земля.

*Фрезерование кустарника* и погребенной древесины выполняется на торфяно-болотных почвах машинами типа МТП-42, которые фрезеруют верхний слой торфяной залежи вместе с кустарником, мелкими пнями, погребенной древесиной, кочками и моховым очесом. Работа этих машин заменяет срезку, корчевку, уборку кустарника и погребенной древесины, первичную обработку почвы, а также выравнивание поверхности.

Данный метод обеспечивает ввод неликвидной древесины в баланс органического вещества. Перед началом работ с участка необходимо удалить деревья диаметром 12 см и более, пни диаметром более 20 см. При покрытии участка густым кустарником и наличии погребенной древесины предварительно рекомендуется произвести его срезку и сгребание в валы, а затем глубокое фрезерование площади. Для качественного выполнения работ необходимо, чтобы зазор между кромкой отбойной плиты и ножами фрезы составлял не более 5 мм, а ножи были острыми. По мере затупления рабочей кромки ножей их следует повернуть на 120°. Фрезерование торфяников, заросших кустарником,

лучше выполнять в зимнее время при промерзании торфа на глубину до 15 см. При покрытии площадей средним и редким кустарником и отсутствии в верхнем слое залежи погребенной древесины (менее 1 %) целесообразно проводить мелкое фрезерование на глубину 15–20 см в сочетании со вспашкой на глубину 30–35 см в летний период с последующим дискованием и прикатыванием. Обязательной операцией является прикатывание торфяников тяжелыми катками.

*Очистка торфяной залежи от погребенной древесины.* Помимо фрезерования удаление погребенной древесины из верхнего слоя торфяной залежи производится корчевкой: при пнистости до 0,5 % – корчевальной бороной; от 0,5 до 1,5 % – роторным корчевателем МТП-81 в два следа; от 1,5 до 3 % – в три; от 3 до 5 % – в четыре следа.

Древесина, извлеченная на поверхность корчевальной бороной сгребается в валы (до 50 м) для последующей вывозки к месту складирования, а извлеченная машиной МТП-81 поступает сразу в специальный бункер-накопитель с последующей разгрузкой на прицепы-самосвалы (МТП-24) или в кучи для последующей вывозки к месту складирования.

*Уничтожение кочек и мохового очеса.* Кочки по происхождению и свойствам бывают растительные, земляные, приствольные, пневые, привалунные, а по высоте – карликовые – до 15 см, низкие – 15–25, средние – 25–30 и высокие – более 30 см. Карликовые не препятствуют пахоте и специально не уничтожаются. Растительные кочки высотой 15–25 см уничтожаются машиной ФБН-2 в один след с последующим прикатыванием, а земляные кочки – дискованием в два следа в перекрестном направлении также с последующим прикатыванием.

Учитывая, что глубина обработки фрезмашиной ФБН составляет 2–25 см, высокие кочки (30 см и более) предварительно необходимо прикатать водоналивными катками в два-три следа, а фрезерование выполнять в два следа. Ликвидировать кочки можно и путем срезки с последующей вывозкой их за пределы участка. Приствольные, пневые и привалунные кочки удаляются корчевателями в процессе корчевки пней и камней.

Очистка мелиорируемых земель от камней. До начала работ осматривается участок и разбивается на загоны с отметкой вешками малозаметных и полускрытых валунов, а также намечаются оптимальные маршруты вывозки камней к местам складирования, указанным в плане.

Перед началом камнеуборочных работ производится извлечение скрытых в почве на глубине 0,5 м средних и крупных камней плоскорезом МП-9 (К-62). При работе плоскореза происходит интенсивное безотвальное рыхление почвы, способствующее сохранению ее естественного плодородия. Схема движения плоскореза – челночная с разворотом в конце гона. При каменистости более 50 м<sup>3</sup>/га вычесывание производится в два следа во взаимно перпендикулярных направлениях. Уборка извлеченных камней, находящихся на поверхности, может производиться двумя способами: сгребание корчевателями-собирающими средних и крупных (диаметром 30 см и более) камней в кучи с последующей погрузкой на лыжи и пены; уборка машиной УПК-0,6, если отсутствуют камни диаметром более 65 см, или ПСК-1,0 (МТК-2,5), которая убирает камни диаметром 0,3–1,0 м. Обе работают по спиральной схеме. Производительность УПК составляет 0,6–4,5 м<sup>3</sup>/ч, ПСК – 1–10 м<sup>3</sup>/ч.

После уборки крупных и средних камней бульдозером засыпаются ямы и выполняется планировка площадей, если она предусмотрена проектом. Перед очисткой почвы от мелких камней участок в обрабатываемом слое должен быть освобожден от камней диаметром более 30 см, вспахан и продискован. От мелких камней (диаметром от 5 до 30 см) на глубину до 25 см при влажности почвы до 20 % он очищается машиной МКП-1,5А. Производительность – 0,11 га/ч (с трактором класса 6 т). Возможна уборка машиной УПК-0,6 (рис. 5.1). Отличие последней от МКП-1,5А состоит в том, что она убирает камни диаметром 12–65 см с прочесыванием почвы на глубину 10 см. Камни диаметром 6–40 см убираются с поверхности и пахотного горизонта машинами КУМ-1,2.

*Первичная вспашка.* При выполнении этой операции требуется полная заделка дернины, древесных остатков, кочек и крупных болотных трав на заданную глубину. На поверхности пашни и в местах стыка пластов не должно оставаться травянистой или древесной растительности, способной к отрастанию. Дернина под свальными гребнями пропахивается. Глубина вспашки на осваиваемом участке равна заданной глубине (отклонение ±6 см) на мощность гумусового горизонта. При пропашке на поверхность подзолистого горизонта обязательно необходимо вносить органические удобрения.

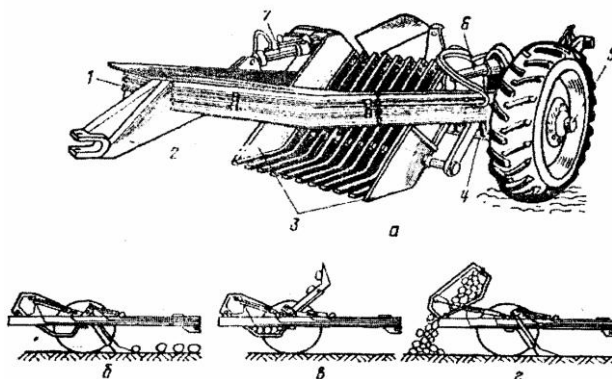


Рис. 5.1. Камнеборочная машина УКП-0.6:  
 1 – рама; 2 – прицепное устройство; 3 – камнеборщик; 4 – ось;  
 5 – колесо; 6, 7 – гидроцилиндры; а – внешний вид; б – сбор камней;  
 в – загрузка контейнера; г – выгрузка камней

Оборот пласта характеризуется наклоном его к горизонту. Полный оборот соответствует  $180^\circ$ . Пласты с наклоном к горизонту менее  $145^\circ$  считаются недоваленными, что недопустимо. Хороший (требуемый) оборот пласта, особенно на задернелых площадях, может быть обеспечен лишь при условии, если на плуг установить удлинитель отвала. Если пласт недовален, при дисковании вся дернина окажется на поверхности и ничем ее заделать невозможно. Вспашка должна быть прямолинейной, без огрехов и недорезов отваливаемых пластов. Требуемое качество вспашки невозможно обеспечить, если плуг не оборудован соответствующими ножами. Дисковый нож устанавливается при работе на торфяниках с дерновым и моховым покровом при наличии крупных древесных остатков. Черенковый нож применяется на минеральных почвах. По техническим требованиям ножа плуга должен не разрывать, а хорошо разрезать дернину, кочки, моховой очес и все корни диаметром до 10–12 см. Для обеспечения высокого качества вспашки обязательным приемом является предварительная разделка дернины болотной фрезой ФБН-2 в один след, а на каменистых площадях – дискование в два следа боронами БДТ-3, БДТ-7. После вспашки земель, расчищенных от древесно-кустарниковой растительности, предусматривается подбор древесных остатков. При этом количество остатков древесины длиной от 20 до 30 см и диаметром от 4 до 7 см на

участке 5×5 м не должно превышать 8 шт. Наиболее благоприятна влажность почвы при обработке не более 60–65 % полной влагоемкости.

Основные способы первичной обработки вновь осваиваемых земель – вспашка плугом с оборотом пласта и безотвальное рыхление. На минеральных почвах с мощностью гумусового горизонта менее 18 см следует производить безотвальную обработку по схеме: фрезерование (дискование в два следа); планировка в один след, дискование в один след, уборка мелких камней, планировка в один след, прикатывание. Глубина безотвального рыхления устанавливается с учетом мощности гумусового горизонта и проводится глубже его: для супесчаных почв – на 6–7 см, суглинистых – на 5–6 и глинистых на – 4–5 см.

*Разделка пласта.* Для создания на вспаханной поверхности рыхлого слоя достаточной мощности и выравнивания поверхности поля необходима разделка пласта дисковыми боронами. Глубина разделки пласта должна составлять 1/2–1/3 его мощности и превышать 16–18 см. Разделять пласт необходимо при оптимальной влажности слоя вслед за вспашкой на минеральных землях и через несколько дней (3–5) после вспашки на торфяниках. Увеличение разрыва между вспашкой и дискованием ведет к уменьшению степени крошения почвы. Во избежание огрехов разделка пласта выполняется с перекрытием смежных проходов на 10 % конструктивной ширины захвата дисковых борон. На дисковых батареях должны быть установлены почвоочистители, а лезвия дисков заточены. Для разделки пластов рационален диагонально-перекрестный способ движения, когда достигаются лучшее крошение пласта и выравнивание поверхности. На участках, где заделка дернины мелкая, дисковать в один-два следа необходимо вдоль пласта, чтобы исключить вынос дернины на поверхность, затем следует сделать один-два прохода под углом до 30° к основному направлению пласта. Лучшее качество обеспечивают навесные дисковые бороны. Если вспашка глубокая, разделку пласта следует проводить под углом более 40° к направлению вспашки, а иногда и поперек пласта диагональным и диагонально-перекрестным способом, что обеспечивает лучшее крошение пласта и выравнивание поверхности. Повышение качества разделки пласта обеспечивает не только направление дискования к пахоте, но и правильная установка угла атаки дисковых батарей (на минеральных землях – 13–14°, на торфяных – 8–11°).

После дискования поверхность почвы должна быть ровной, а верхний слой ее хорошо раскрошен. На обработанном участке не допуска-

ются огрехи и пропуски, разъемные борозды должны быть заделаны, а поворотные полосы обработаны. При этом количество кустов дерна и грунта размером от 7 до 15 см на участке 5×5 не должно превышать 5 шт.

Планировка поверхности мелиорируемых земель производится после осушения и вспашки в сочетании с дискованием почв. Планировочные работы включают: засыпку понижений глубиной до 25 см и шириной 20–30 м; ликвидацию микропонижений, возникающих при обработке почвы; качественное выравнивание поверхности. При этом неровности после работы длиннобазовых планировщиков должны быть в пределах  $\pm 7$  см от горизонтали. Влажность для производства работ от абсолютно сухой почвы рекомендуется принимать в пределах 20–28 % для глинистых почв, 13–25 – для суглинистых, 12–17 – для супесчаных, 10–15 – для песчаных, 50–70 % – для торфяных.

Для послойного срезания грунта с планировкой площади и его перемещением используются скреперы. Например, прицепной скрепер ДЗ-13А с гидравлическим приводом и принудительной разгрузкой ковша рекомендуется использовать для планирования грунтов и их транспортирования на расстояние до 5400 м (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Прицепной скрепер ДЗ-13А

Максимальная срезка-насыпка грунта не должна превышать 4 см за один проход. Количество следов прохода планировщика зависит от механического состава почв, мощности гумусового горизонта, степени развития микрорельефа и составляет два следа для слабого микрорельефа (более 20 понижений на 100 га площади). Наиболее эффективно применяются в организациях длиннобазовые планировщики ПЛМ-4,6,

которыми можно производить послойное срезание грунта тонкими стружками с дополнительным его рыхлением, заделку дернины, срезку корней растительности, транспортировку грунта с отсыпкой в понижения.

Для восстановления нарушенного плодородия необходимо предусматривать внесение органических удобрений. При выполнении на одном и том же участке нескольких видов работ общая доза органических удобрений рассчитывается по формуле

$$D = D_1 + \frac{D_2 + \dots + D_n}{n - 1}, \quad (5.1)$$

где  $D_1$  – доза удобрений, связанная с работой, приводящей к наибольшей потере плодородия почвы, т/га;  
 $D_2 \dots D_n$  – дозы для других видов работ, т/га;  
 $n$  – количество видов работ.

## 5.2. Рекультивация земель

### 5.2.1. Виды нарушенных земель

Объектами рекультивации являются *нарушенные земли*. Это территории, на которых нарушены, разрушены или полностью уничтожены компоненты природы: растительный и почвенный покров, грунты, подземные воды, местная гидрографическая сеть (ручьи, родники, малые реки, озера и т. д.), изменен рельеф местности. К нарушенным землям относятся также *загрязненные земли*, т. е. земли, на которых в компонентах природы произошло увеличение содержания веществ, вызывающих негативные токсико-экологические последствия (радиоактивными и отравляющими веществами, нефтью и нефтепродуктами, аэрозолями и пылевыми выбросами, органическими и неорганическими веществами, остаточным количеством пестицидов, дефолиантами, сточными водами и удобрениями).

Нарушенные земли рассматривают также в зависимости от состояния на них плодородного слоя почвы: *снят полностью* – карьерные выемки, придорожные полосы, открытые площадки различного назначения; *на 50 % и более перемешан с нижележащей неплодородной породой* – при строительстве газо- и нефтепроводов, прокладке подземных кабельных линий связи, электропередач и других подземных сооружений; *погребен под неплодородной породой на глубину 20 см и*

*более* – места разравнивания кавальеров вдоль каналов, отвалы при геологоразведочных работах, кольматаж при очистке гидросооружений, солеотвалы, отвалы шахт, карьеры, золоотвалы энергостанций и котельных и др.; *загрязнен нефтепродуктами* – при геологоразведочных и других работах, в местах стоянки машин и механизмов, *солевыми растворами* – при добыче солей (засоление), *промышленными отходами* (промышленные свалки), *городскими отходами* (городские свалки мусора).

Все нарушенные земли следует различать по площади: крупноплощадные – свыше 50 га, среднесплощадные – 1–50 га, малоплощадные – до 1 га.

В Беларуси наиболее распространена рекультивация торфорождений. При этом выработанные торфяники классифицируют как фрезерные поля, карьеры гидроторфа и др.

Землевладельцы, землепользователи и прочие объекты хозяйствования, осуществляющие промышленное или иное строительство, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых, а также проводящие другие работы, связанные с нарушением почвенного покрова, обязаны снимать, хранить и рационально использовать плодородный слой почвы на землях всех категорий.

### **5.2.2. Этапы рекультивации и использование рекультивируемых земель**

Рекультивация нарушенных земель заключается:

– в анализе эволюции нарушенных земель с целью изучения природной трансформации компонентов в измененных геосистемах и разработки способов управления геологическими и биологическими процессами в рекультивационный период;

– анализе природных, технологических и социально-экономических условий для обоснования направления использования нарушенных земель;

– разработке способов рекультивации по отдельным видам нарушенных земель, создания специальных инженерно-экологических систем по оптимизации функционирования техноприродных геосистем.

Работы по рекультивации земель, как правило, выполняются последовательно в три этапа: а) подготовительный; б) технический; в) биологический.

Подготовительный этап заключается в разработке рабочей документации, в том числе проведении инвестиционного обоснования мероприятий по рекультивации нарушенных земель.

Целью технической рекультивации является подготовка нарушенной поверхности для последующей биологической рекультивации.

Техническая рекультивация включает снятие плодородного слоя почвы до начала работ, связанных с нарушением почвенного покрова, формирование оптимальных по геометрическим параметрам отвалов, карьеров и других объектов, раздельную разработку и отвалообразование вскрышных пород и отходов обогащения, планировку поверхности, выколаживание и террасирование откосов отвалов, бортов карьеров, шахтных провалов, устройство въездов и дорог, нанесение плодородного слоя почвы.

Земли, прошедшие техническую рекультивацию, возвращаются прежним пользователям или другим хозяйствам для выполнения комплекса работ по биологической рекультивации. Биологическая рекультивация включает мероприятия по восстановлению плодородия нарушенных земель, прошедших техническую рекультивацию, для последующего целевого использования нарушенных земель в сельскохозяйственном, лесохозяйственном, рыбохозяйственном, водохозяйственном, рекреационном, природоохранном и строительном направлениях. При этом обычно использование рекультивируемых карьеров нерудных материалов в народном хозяйстве намечают аналогично использованию окружающей его территории.

Виды использования рекультивированных земель определяются на стадии проектирования с учетом качественных характеристик нарушенных земель по техногенному рельефу, горным породам или искусственным грунтам, образующим корнеобитаемый слой, или по характеру обводнения (увлажнения), с учетом географических и экономических условий зоны размещения нарушенных земель, технико-экономических, экологических и социальных факторов.

Рекультивация земель для использования в сельском хозяйстве проводится, как правило, на участках с нанесенным плодородным слоем почвы или участках, сложенных потенциально-плодородными породами. Уровень грунтовых вод должен обеспечивать оптимальные условия для произрастания сельскохозяйственных и лесохозяйственных культур.

Для сельскохозяйственного использования пригодны выработанные торфяные месторождения низинного типа, залежи, где возможно обеспечение соответствующей нормы осушения при самотечном сбросе воды.

Не пригодны для сельскохозяйственного использования торфяные

месторождения низинного типа, подстилаемые сапропелем или залегаемые в замкнутых котлованах, где невозможно регулирование водного режима самотечным сбросом воды. Механический отвод воды с рекультивируемых земель возможен при его экономическом обосновании.

Рекультивация земель для использования в лесном хозяйстве проводится на малоплодородных землях, в основном, песчаных, супесчаных, когда на породе по тем или иным причинам не наносится перегнойный гумусовый горизонт, а также на территориях, где тщательное выравнивание и планирование являются экономически нецелесообразными.

Для водного и рыбного хозяйства в основном используются глубокие карьеры после выработок из-под глин и суглинков, а также в местах, где необходимо иметь водоемы для хозяйственных целей.

Для создания природоохранных объектов используются выработанные торфяные месторождения, которые до освоения (разработки) выполняли важные природоохранные функции, а также оставляемые (при наличии обоснования специализированной организацией) для болотообразовательных процессов и естественного лесовозобновления.

Нарушенные земли, рекультивация которых нецелесообразна, подлежат консервации с использованием технических, химических и биологических методов.

### **5.2.3. Очередность выполнения работ**

Выполнение работ по рекультивации осуществляется в соответствии с утвержденными проектами. Рекультивацию карьеров нерудных материалов (песок, гравий, глина), срок действия которых ограничивается сроком стройки объекта (дорога, дамба, сооружение), выполняют по разделу проекта строящегося объекта, так называемому проекту горного отвода для разработки месторождений общераспространенных полезных ископаемых.

При длительном использовании карьера, равно как и для карьеров давнишней выработки, после проведения необходимого объема изыскательских работ, которые выполняют сразу же после закрытия карьера, разрабатывают проект двух этапов рекультивации – технического и биологического. При этом устанавливается следующая очередность: подготовительные и полевые работы; топографические и почвенно-

обследовательские работы; проектные работы и изготовление документов.

В процессе подготовительных и полевых работ производятся:

– инвентаризация, подбор и изучение материалов почвенно-грунтового обследования, схемы рекультивации нарушенных земель, плано-во-картографической основы и других данных, которые могут оказаться полезными при разработке проекта;

– уточнение расположения объекта и соответствия фактических границ нарушенных земель землеотводным документам; использование земель, прилегающих к рекультивируемому участку и их агрономические показатели (гумусовый горизонт, кислотность, обеспеченность фосфором и калием, процент гумуса, урожайность в кормовых единицах и т. д.);

– выявление пожеланий землепользователей.

По результатам изысканий составляется акт и характеристика нарушенных земель.

На основании материалов изысканий разрабатывается задание, которое утверждается руководителем.

Топографические и почвенно-обследовательские работы выполняются с целью получения на участки нарушенных и примыкающих к ним земель доброкачественной топографической основы, а также материалов почвенно-грунтового обследования.

По результатам почвенно-обследовательских работ составляются: почвенно-грунтовая карта нарушенных территорий; заключение о составе и свойствах пород объектов обследования и рекомендации по биологической рекультивации.

В заключении указываются местоположение и площадь объекта обследования, природные особенности территории, дается характеристика физико-химических свойств почв, отражаются целесообразность нанесения плодородного слоя почв на поверхность нарушенных земель с учетом их дальнейшего хозяйственного использования, виды основных сельскохозяйственных культур, агротехническое их возделывание в период биологической рекультивации, прогноз уровня их продуктивности.

Проектную документацию на стадии инвестиционного обоснования или рабочего проекта разрабатывают на основе задания заказчика на проектирование рекультивации нарушенных земель. Инвестиционное обоснование представляет собой исследование вариантов проектных решений с целью выбора оптимального, имеющего наилучшее сочетание коммерческого, социального и экологического эффектов.

В проект технической рекультивации входят: план участка с нанесением линий проектных профилей; проектные профили нарушенных земель, которые в зависимости от сложности рельефа разбиваются через 10–50 м с нанесением на них линии срезки и засыпки (обычно через 20 м); картограмма земляных работ по снятию плодородного слоя почвы с прилегающей к карьеру территории; картограмма земляных работ по рекультивации карьера; план участка нарушенных земель в проектных горизонталях (после рекультивации).

В проекте биологической рекультивации карьеров для сельскохозяйственного использования определяют период их освоения, состав, чередование и нормы высева предварительных культур, нормы и периодичность внесения удобрений, известки. Определяют агротехнику обработки почвы, возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Рассчитывают потребность в удобрениях, известки, семенах и разрабатывают сметную документацию.

#### **5.2.4. Освоение выработанных торфяников**

В Республике Беларусь в составе выработанных площадей преобладают низинные торфяники с мощностью остаточного слоя торфа в 50 см и зольностью до 20 %. Подавляющее большинство из них подстилается песком различной крупности и мощностью залегания. После фрезерной добычи торфа остаются слабоволнистые поля с остаточным слоем торфа и сетью открытых каналов. Остаточный слой торфа содержит вредные для растений химические соединения, малополезные микроорганизмы, имеет низкое содержание подвижных форм калия и фосфора, большие колебания ночных и дневных температур, биологические процессы в нем протекают слабо. Остаточный слой торфа может быть бесплодным из-за отсутствия форм азота, достаточных для растений. Задача рекультивации торфяных земель – превратить остаточный слой торфа в плодородную почву.

Лучшее использование выработанных торфяников – создание высокопродуктивных лугов. При сельскохозяйственном направлении рекультивации используют в первую очередь выработанные торфяники с остаточным слоем низинного торфа более 0,5 м. Если же сельскохозяйственное использование участка нецелесообразно из-за больших затрат, то при остаточном слое торфа на нем более 0,3 м его отводят под лесонасаждения, а менее 0,15 м – под водоемы.

В повышении плодородия выработанных торфяников важное зна-

чение имеет создание для растений благоприятной реакции среды. Известкованию подлежат все выработанные торфяники с величиной рН менее 5,5. На сильнокислых участках известь вносят с интервалом в 2 года. Нормы внесения известковых удобрений дифференцируют в зависимости от обменной и гидролитической кислотности и корректируют с учетом объемной массы пахотного слоя.

На выработанных торфяниках с мощностью остаточного слоя торфа более 50 см окультуривание почв и рост урожайности сельскохозяйственных культур обуславливаются применением минеральных удобрений.

Целесообразность осуществления мероприятий по освоению выработанных торфяных месторождений и сельскохозяйственного их использования устанавливают на основе определения общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений в мелиорацию и освоение земель и экологического обоснования.

### **5.3. Противозерозионные мелиорации**

*Виды эрозии почв.* Под эрозией (от латинского – разьедать) понимают разрушение и смыв водой, стекающей по поверхности земли, или выдувание плодородного слоя ветром, т. е. эрозия может быть водной и ветровой.

*Водная эрозия* – это разрушение и смыв почв и рыхлых пород ливневыми и тальными водами. Она возникает только на склонах при крутизне более 0,5–2°, если почва не покрыта растительностью. Различают два вида водной эрозии: поверхностную (плоскостную) и струйчатую (линейную). При поверхностной эрозии частицы почвы и содержащиеся в ней питательные вещества более или менее равномерно смываются с поверхности склонов текущей водой. Струйчатая эрозия характеризуется местными размывами не только почвенного слоя, но и рыхлых подстилающих пород с образованием промоин, склоновых, береговых или донных оврагов.

Кроме водной эрозии, в районах с сильными ветрами происходит ветровая эрозия (пыльные бури, дефляция). Так, черная буря 12 мая 1934 г. унесла с распаханых равнин в США до 300 млн. т почвы.

Согласно почвенно-эрозионному районированию, на территории Беларуси выделены три почвенно-эрозионные зоны. В северной зоне (Белорусское Поозерье) наиболее активно протекают процессы плоскостного смыва, в центральной – линейная и плоскостная эрозия.

В нижней зоне (Белорусское Полесье) в наибольшей степени распространена ветровая эрозия (дефляция).

В республике водной и ветровой эрозии подвержено 424,8 тыс. га, или 7,5 %, общей площади обрабатываемых земель. В эрозионной деградации почвенного покрова республики на долю водной эрозии приходится около 84, дефляции – 18 %. Площадь смытых почв на пашне составляет 356 тыс. га (6,3 %), дефлированных – 69 тыс. га (1,2 %).

Из общей площади почв, подверженных водной эрозии, 328 тыс. га (67 %) слабоэродированные, 97,3 (27,3 %) – среднеэродированные и 20,4 тыс. га (около 6 %) – сильноэродированные, а из дефлированных почв слабодефлированные занимают 57,9 тыс. га (84 %), среднедефлированные – 10,5 (15 %) и сильнодефлированные – около 0,5 тыс. га (1 %).

Площади эродированных и дефлированных почв, а также доля их в составе обрабатываемых земель колеблется по регионам республики от 30,9 тыс. га, или 3,8 %, пашни в Гомельской до 125,7 тыс. га, или 11,3 %, пашни в Витебской области.

В республике с обрабатываемых склонов или открытых массивов с осушенными торфяниками и минеральными легкими по гранулометрическому составу почвами ежегодно выносятся от 1 до 100 т/га почвы и более. Средневзвешенный показатель смыва почвы составляет 10,7 т/га, дефляции – 10,0 т/га в год. С жидким стоком, смываемой и выдуваемой почвой ежегодно теряется в среднем 150–180 кг/га гумусов, 8–10 азота, 5–6 кг/га фосфора и калия.

Все виды эрозии наносят большой вред сельскому хозяйству, так как, уменьшая почвенное плодородие и ухудшая условия обработки земель вследствие образования оврагов, снижают урожайность полей и валовой выход сельскохозяйственной продукции.

*Мероприятия по борьбе с плоскостной эрозией почв.* Защите почв от эрозии уделяют большое внимание. Это одна из важнейших государственных задач в системе мер, принимаемых для дальнейшего развития сельскохозяйственного производства. Опыт показывает, что только взаимосвязанный комплекс таких работ способен полностью прекратить эрозию почв. Комплекс мер по борьбе с эрозией почв включает организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

*Организационно-хозяйственные мероприятия.* Их основа – правильная организация территории хозяйства. С этой целью составляют

план организации территории, на который наносят границы почв, степень их эродированности и подверженности водной и ветровой эрозии. На плане выделяют участки под специальные почвозащитные севообороты, полезащитные водорегулирующие и овражно-балочные насаждения, защитные сооружения. Поля севооборотов, дорожную сеть, место выпаса скота размещают так, чтобы не вызывалась эрозия почв. План размещения защитных насаждений и сооружений должен быть составной частью комплексного плана внутрихозяйственного землеустройства.

*Агротехнические мероприятия.* Основу их составляет правильная агротехника. Выполняют такие мероприятия с целью предупреждения или резкого сокращения возможности проявления эрозионных процессов, повышения сопротивляемости почв смыву, размыву и выдуванию, увеличения водопоглощающих свойств почвы и уменьшения скорости ветра в приземном слое, накопления и сбережения влаги в районах недостаточного увлажнения, восстановления и повышения плодородия почв.

Наиболее эффективный и простой агротехнический прием защиты почв от водной эрозии – глубокая зяблевая вспашка поперек склона. Все последующие обработки почвы (боронование, культивация) выполняют поперек склона.

Уменьшить возможность образования эрозии можно кротованием и щелеванием почв. Кротование способствует задержанию до 150 м<sup>3</sup> воды на каждом гектаре и увеличивает урожайность зерновых на 0,2 т/га. Щелевание предотвращает появление на поверхности почвы водонепроницаемой корки, уменьшает поверхностный сток и также способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Поперек длинных и крутых склонов, занятых садами и пропашными культурами, для предотвращения эрозии почв устраивают буферные полосы из многолетних трав или кустарников. При крутизне склона 6–8° ширину таких полос принимают 4–6 м, расстояние между полосами – 30–40 м, при крутизне 10–12° ширину полос назначают 8–10 м, расстояние между полосами – 20–30 м.

Интенсивность эрозии почв снижает также регулирование местного стока (например, снегозадержание) и применение системы удобрений, улучшающих структуру и физические свойства корнеобитаемого слоя.

*Лесомелиоративные мероприятия* заключаются в посадке лесных полос, которые размещают поперек склона. Благодаря лесной

подстилке уменьшается поверхностный сток, больше задерживается вода на склоне, почва меньше промерзает и больше впитывает талых вод. Все это уменьшает смыв почвы со склонов. Лесные водорегулирующие полосы шириной 10–30 м размещают поперек склонов через 150–200 м.

Завершающая часть противоэрозионного комплекса – *гидротехнические мероприятия*. Ввиду относительно высокой стоимости их применяют в тех случаях, когда организационно-хозяйственных, агротехнических и лесомелиоративных работ недостаточно для прекращения эрозии или когда требуется в кратчайшие сроки надежно защитить дороги, строения и другие объекты от разрушения оврагами. В отличие от лесомелиоративных гидротехнические противоэрозионные мероприятия останавливают разрушительное действие водной эрозии сразу после их осуществления.

Для борьбы с плоскостной и линейной водной эрозией почв создают гребневые, ступенчатые и траншейные террасы; устраивают водозадерживающие и водоотводные валы, расплыватели стока, наклонные террасы; строят водосбросы в вершинах оврагов (быстротоки, ступенчатые и трубчатые перепады, консольные сбросы); устраивают запруды, пороги и перепады по дну оврагов; создают водоемы для задержания талых и ливневых вод с целью однократного (лиманы) и регулярного (пруды) орошения земель и предупреждения размыва нижерасположенных по рельефу территорий; выполаживают овраги, балки, заравнивают промоины; строят противоселевые и берегоукрепительные сооружения.

*Террасы*. Террасирование крутых склонов – эффективное противоэрозионное мероприятие, так как валы-террасы, расчленив склон на отдельные узкие площадки, задерживают поверхностный сток практически в месте его образования, способствуя увлажнению земель, или отводят его на задерненные склоны, безопасные в эрозионном отношении.

Различают террасы гребневые, или, как еще их называют, валы-террасы, либо валы с широким основанием, а также ступенчатые и траншейные.

Гребневые террасы бывают с горизонтальным и наклонным валом. Террасы с горизонтальным валом устраивают параллельно горизонталям склонов с минимальным числом изломов в плане и по возможности привязывают к границам полей и производственных участков. Их применяют в районах недостаточного и умеренного увлажнения на

хорошо водопроницаемых почвогрунтах. Валы террас делают треугольного профиля высотой  $H = 0,4-0,6$  м при глубине пруда  $H_0 = 0,2-0,4$  м с очень пологими ( $m = 4-8$ ) откосами для прохождения почвообрабатывающих агрегатов. С целью задержания воды концы валов поворачивают вверх по склону под углом  $110-130^\circ$ . Строительная высота валов должна быть на  $10-15$  см выше проектной с учетом осадки грунта.

Ступенчатые, или скамьевидные, террасы создают на горных склонах крутизной  $10-40^\circ$ . Ширина полотна ступенчатых террас обычно составляет  $3,0-6,5$  м (рис. 5.3).

Чтобы предупредить образование и рост промоин и оврагов, строят гидротехнические сооружения, которые условно можно разделить на простейшие, выполняемые из местных грунтов (распылители стока, водоотводные валы-каналы, нагорные каналы, водозадерживающие валы), и сложные (быстроотки, перепады, консольные сбросы).

Распылители стока – это простейшие земляные сооружения, которые создают в местах опасной концентрации водного потока для его рассредоточения. Их выполняют на приовражных склонах, разъемных бороздах, у опушек леса, на межах, колеях дорог. Распылитель стока представляет собой прямолинейную канаву глубиной  $0,4-0,6$  м с земляным валиком высотой  $0,3-0,5$  м и длиной  $10-40$  м, расположенным под углом примерно  $45^\circ$  к потоку. Продольный уклон канавы на пахотных землях принимают  $0,005-0,01$ . Распылители располагают по длине ложбины через  $50-100$  м.

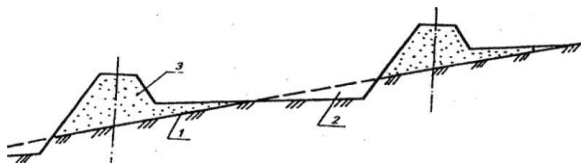


Рис. 5.3. Ступенчатая терраса:

- 1 – первоначальная поверхность склона;  
2 – часть срезанного склона; 3 – насыпанная часть террасы с валом

Водоотводные (водонаправляющие) валы-каналы перехватывают сток и направляют его к водосбросным или водозадерживающим сооружениям. Их трассируют с небольшими продольными уклонами ( $0,003-0,005$ ). В поперечном сечении валы-каналы делают треугольного или трапецевидного профиля с заложением откосов на пахотных

землях 1:5–1:8, проходимыми для почвообрабатывающих агрегатов (рис. 5.4).

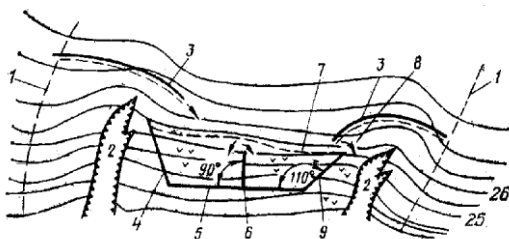


Рис. 5.4. План размещения водозадерживающих валов:

- 1 – водораздельные линии; 2 – овраги;
- 3 – водонаправляющие валы-каналы;
- 4 – глухие шпоры; 5 – водозадерживающие валы;
- 6 – перемычки; 7 – урезы воды; 8 – водообход;
- 9 – открытая (водосливная) шпора

*Мелиорация овражно-балочных земель.* Зона овражно-балочных образований и прилегающих к ним территорий, подвергаемых водным эрозийным процессам, составляет овражно-балочную систему (ОБС).

Мелиоративно-хозяйственные мероприятия на ОБС включают следующие виды работ: заравнивание промоин, неровностей и мелких оврагов глубиной до 1,5–2,0 м с последующим залужением; выполаживание оврагов; устройство водозадерживающих и водоотводящих валов, дамб-перемычек, донных запруд и др.; отсыпку несформированных (неустойчивых) откосов; создание берегоукрепительных лесных полос, залужение берегов и донных участков балок; закрепление береговых и донных отложений лесокустарниковой растительностью; сооружение водоемов и создание рекреационных зон.

#### 5.4. Химическая мелиорация

Химическая мелиорация направлена на регулирование реакции почвенной среды (рН), ее кислотности и щелочности, оструктурирование почвы, ее удобрение. Она включает четыре основных приема: *известкование, гипсование, кислование почвы и применение химических мелиорантов* для улучшения структуры почвы.

Площадь кислых почв в России превышает 39 млн. га, в Беларуси 2 млн. га пашни и 0,7 млн. га кормовых угодий требуют известкования.

*Известкование* почвы путем внесения  $\text{CaCO}_3$  позволяет повысить реакцию среды (рН) до 4,5–7,5 в зависимости от требований сельскохозяйственных культур.

Нормы внесения извести (известковых удобрений) зависят от почвы и реакции среды и качества удобрений. Для внесения извести используют разные технологии с применением разбрасывателей. Помимо извести возможно использование доломитовой муки, сланцевой золы, цементной пыли, известкового туфа, сапропеля, озерной извести, дефеката. Нормы их внесения устанавливают путем пересчета на физические дозы извести. Научными организациями разрабатываются приемы биологизации химической мелиорации. Найдены группы микроорганизмов, способные снизить фитотоксичность тяжелых металлов (алюминий, марганец, железо и др.).

*Мелиорация солонцов. Гипсование почвы.* Солонцы, солонцовые комплексы и солонцовые почвы распространены в лесостепи, степи и зоне полупустынь. В зависимости от обводненности солонцы подразделяют на гидроморфные, полугидроморфные и автоморфные. Всем им присущи неблагоприятные водно-физические свойства: при высыхании образуются прочные, трудно поддающиеся крошению глыбы, при увлажнении почвы подвержены заплыванию и становятся водонепроницаемыми, им свойственна высокая дисперсность.

Основным фактором их образования и низкой продуктивности является высокое содержание натрия в почве. По характеру засоления солонцы и солонцеватые почвы могут быть солончаковатые, садовые, хлоридно-сульфатные, хлоридные, сульфатно-хлоридные. В зависимости от содержания поглощенного натрия (% от емкости поглощения) выделяют степень солонцеватости почвы: слабую (до 10 %), сильную (до 30 %), солонцы (более 30 %), в зависимости от которой, в свою очередь, дают оценку ей по пригодности к земледелию и виду мелиорации.

Почвы со слабой солонцеватостью пригодны для сельскохозяйственного использования без химической мелиорации, с сильной степенью солонцеватости и солонцы требуют химической мелиорации, которую выполняют путем внесения в почву сернокислого кальция – гипса, действие которого сводится к вытеснению поглощенного натрия кальцием.

*Кислование* – способ мелиорации садовых солонцов и солонцов с очень высокой щелочностью (рН 9–11) путем внесения кислых хи-

мических веществ (серная кислота, сера, сульфат железа, сульфат алюминия, хлористый кальций, фосфогипс, дефекационная грязь – отходы сахарных заводов и др.

Кислование проводится в несколько этапов. Сначала строится коллекторно-дренажная и оросительная сеть, проводится капитальная планировка поверхности, вносятся химикаты и проводится промывка почвы. На первый этап уходит два года. Далее проводится рассоление почвы под культурой (люцерна, озимая пшеница) за счет промывного режима орошения и окультуривание почвы. На проектную урожайность новые земли выводят за 4–5 лет.

*Химические мелиоранты и структуроры.* Для улучшения почвы путем уменьшения ее плотности и соленакопления в ней, повышения водопроницаемости и водоотдачи, стабилизации почвенной структуры, закрепления гумуса и снижения проблемы эрозии применяют химические вещества – мелиоранты, или структуроры. Наиболее распространены азотсодержащие химические мелиоранты (жидкий аммиак, мочевино-формальдегидные конденсаты), которые вносят одновременно с рыхлением почвы на глубину 40–70 см, и поликомплексы (высокомолекулярные вещества), которые в почве после их введения, соединяясь между собой, образуют водопрочную структуру почвы.

Ведется поиск поверхностно-активных веществ на основе отходов нефтеперерабатывающей промышленности, синтетических жирных кислот, полимеров-латексов для уменьшения испарения с поверхности почвы и воды. В этом направлении ряд лет ведутся поисковые научные исследования.

*Фосфоритование почвы.* К химической мелиорации иногда относят применение минеральных удобрений – фосфорных, азотных, калийных, магниевых и других – и микроудобрений – борных, медных, марганцевых, молибденовых, цинковых, кобальтовых и др.

Внесение фосфорных удобрений (суперфосфата, томашлака, термофосфатов, фосфоритной муки) ускоряет развитие и созревание растений, повышает их зимостойкость, улучшает качество урожая (сахаристость свеклы, содержание крахмала в картофеле, качество волокна льна и конопли), повышает эффективность действия других удобрений.

*Медикаментозные добавки.* Известно, что некоторые хронические болезни внутренних органов человека вызываются недостатком в пище тех или иных химических элементов, нарушения минерального

питания. Для восполнения их применяют хлорирование соли, фторирование воды.

В последние годы установлено, что одной из причин алиментарного бесплодия коров является дефицит микроэлементов, особенно цинка. Поэтому рекомендовано добавлять в корма лигносульфанат цинка в дозе 45 мг цинка на 1 кг сухого вещества корма.

Добавки в почву ограниченных доз тяжелых металлов (цинк, селен, медь, кобальт и др.) в районах, где они в дефиците, позволяют получить сбалансированные по элементному составу растительные продукты питания и корма и предотвратить болезни.

Это направление весьма перспективное, оно входит в состав агротехнической и санитарно-гигиенической мелиорации.

*Борьба с засолением почв.* Засолением почвы называют избыточное скопление в ней электролитных (растворенных или поглощенных солей  $MgCl_2$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ), которые угнетают или губят сельскохозяйственные растения, снижают величину и качество урожая.

*Меры борьбы с засолением.* Если почва сильно засолена и содержит в метровом слое более 0,02–0,03 % хлора, избыток солей удаляют *промывкой*, чтобы к посеву осталось ионов хлора не более 0,01 % по массе. Для этого проводят полив затоплением и дают количество воды, которое растворяет соли и выносит их избыток в нижние горизонты или чаще в дренаж.

*Промывка почвы* – коренное улучшение засоленных и солонцеватых почв. Эффективность промывки зависит от физических свойств почвы и степени ее засоления, т. е. соотношения в почве растворимых солей ионов Ca и Na. Промывку проводят на хорошо спланированном и заборонованном участке, разбитом на чеки размером до 0,25 га с уплотненными валиками, которые исключают перелив воды через них или их прорыв. Планировку выполняют с точностью  $\pm 5$  см, высота подсыпок при планировке не должна превышать 25 см. Оросительную сеть нарезают так, чтобы вода подавалась самостоятельно в каждый чек. Во время промывок полосу шириной 10 м над дренажной ограждают валиками и не затапливают водой.

Если минерализованные грунтовые воды залегают на глубине менее критической, их естественный отток недостаточен, а комплекс агротехнических и гидромелиоративных мероприятий по предупреждению засоления и заболачивания почвы не обеспечивает нужного по-

нижения уровня грунтовых вод, то их отток увеличивают искусственно путем *устройства дренажа орошаемых земель*.

На орошаемых землях дренаж применяют для понижения уровня грунтовых вод, для рассоления засоленных почв и предупреждения их вторичного засоления.

Дренаж на оросительных системах, как и при осушении избыточно увлажненных земель, делится на горизонтальный, вертикальный и комбинированный.

Закрытые дрены делают из гончарных трубок по 33 см диаметром 50–200 мм или из крупнопористого бетона, пористого асфальтобетона и полиэтилена. Трубы укладывают впритык со щелями 0,5–1,0 мм. Стыки обвертывают стеклотканью или стекловатой.

В комбинированном дренаже вертикальные скважины-усилители каптируют водоносный горизонт и снижают его напор, понижают уровень грунтовых вод, что позволяет увеличить междренные расстояния в несколько раз.

Вертикальный дренаж представляет собой буровые скважины (колодцы) диаметром 0,7–1,0 м, глубиной 20–150 м, входящие в мощный водоносный пласт, закрепленные обсадными трубами с отверстиями, вода из которых откачивается насосами. В результате откачки воды уровень грунтовых вод вокруг колодца понижается, образуя воронку.

Глубину открытых горизонтальных дрен принимают 2,0–2,5 м, открытых коллекторов – 2,5–3,5 м. Расстояние между дренами принимают 200–350 м в зависимости от грунтов.

*Для профилактики вторичного засоления почвы* применяют строительные, эксплуатационные и агротехнические мероприятия, которые направлены на предотвращение подъема уровня грунтовых вод, а при высоком их стоянии – на понижение их уровня и уменьшение испарения грунтовой воды.

## **5.5. Мелиорация рельефа**

Термин условный, хотя входящие в этот вид мелиорации приемы применяются тысячи лет. Рассмотрим три основных вида: *сооружение терпов, кольматаж и навозка грунта, планировка поверхности*.

Под *терпами* понимаются искусственные холмы-убежища, насыпаемые на заболоченных территориях, подверженных затоплению при разливах рек и ветровом нагоне воды со стороны моря. На терпах

строили жилища и спасались от наводнений. Первые терпы были построены во втором веке до н. э. на территории нынешних Нидерландов. Холмы-убежища сооружали высотой 6–12 м. До настоящего времени сохранилось более 600 терпов благодаря активной борьбе государства и общественности за их спасение, когда была доказана необходимость их защиты.

Традиция сооружения терпов сохранилась до настоящего времени на новых польдерах осушенного залива Зайдерзее. Подобные искусственные убежища имеются в дельте Ганга и Брахмапуры в Индии и Бангладеш, которые были засажены плодовыми деревьями и заселены. Были они у индейских племен в поймах и дельтах рек Огайо и Миссисипи (США), археологи выделяют здесь специфическую культуру «строителей холмов».

*Кольматаж* – наращивание поверхности почвы отложением взвешенных в воде наносов. Кольматаж эффективен, если в речной воде содержится много мелкоземистых наносов. Благоприятные условия для него – на реках Ниле и Инде (в воде содержится до 0,4 % наносов), Тигре (0,77), Сыр-Дарье и Амур-Дарье (1,0–1,3 %).

Для кольматажа устраивают сеть каналов от реки-донора на кольматируемой площади, которые проводят по возвышенным местам так, чтобы дно их по возможности было выше проектной поверхности после кольматажа. На кольматируемой территории устраивают бассейны, ограниченные дамбами. Размер бассейна, его глубина и объем подачи воды зависят от допустимой скорости движения воды, которая, в свою очередь, зависит от уклона поверхности и от характера взвешенных в воде наносов. Скорость, при которой наносы выпадают, составляет: гравий, галька – 0,11–0,65 м/с, песок – 0,16–0,22, глина – 0,08 м/с.

Кольматируемую площадь разбивают дамбами с шлюзами. Высота дамб должна быть на 0,5 м выше уровня воды, который определяется слоем залива бассейна водой (0,5–1,2 м). Шлюзы с водосливами шириной 4–6 м располагают в шахматном порядке.

Кольматаж может быть периодическим: вода в бассейне стоит без движения, наносы выпадают, после чего очищенная вода выпускается и бассейн заливается вновь мутной водой. При длительном (непрерывном) кольматаже вода медленно протекает через бассейн и через прорезы в нижней дамбе. Воду отводят через дамбы, а не через дно бассейна.

Кольматаж выполнен на больших площадях в южной Франции (ре-

ки Вара, Изер), в Италии (в районе Тосканы на площади 355 км<sup>2</sup>), в Англии по реке Днестр, в Колхидской низменности (Грузия) в 1930–1950 гг. по реке Риони. В некоторых странах (Нидерланды, Дания и др.) кольматаж с использованием морских наносов позволил отвоевать у моря значительные площади.

Разновидностью кольматажа является подача средствами гидромеханизации разжиженного грунта. Намыв грунта слоем 2,0–2,5 м выполнен в Санкт-Петербурге на заболоченных землях вдоль Финского залива на участке длиной 20 км. Большие работы проведены в Москве. Пойма реки Москвы намыта и подсыпана до 10 м, пойма реки Яузы – до 4 м. В конце 50-х гг. при строительстве Центрального стадиона в Лужниках нижняя пойменная терраса реки Москвы была поднята намывом на высоту 4 м, для этого было использовано 1,5 млн. м<sup>3</sup> песка. Подобные работы выполнены в г. Киеве и г. Могилеве на левом берегу Днепра, и во многих других городах.

*Планировка поверхности* сельскохозяйственных угодий является одним из важнейших мелиоративных приемов. Из-за невыровненного рельефа и наличия на полях бессточных понижений происходят вымочки сельскохозяйственных культур, снижается производительность использования техники, усиливается эрозия почвы, снижается урожай (до 15–20 %), ухудшается его качество. Поверхность спланированных участков не должна отличаться более чем на ±5 см, что проверяется наложением 5-метровой рейки. В разделах 3 и 4 показана особая важность тщательной планировки на осушаемых и орошаемых землях.

## **5.6. Структурная мелиорация**

Термин «структурная мелиорация» появился недавно. Она охватывает приемы по землеванию, торфование и сапропелеванию почвы и направлена в основном на улучшение ее структуры, водно-физических свойств и плодородия. Приемы эти давно известны, широко применялись в Германии, Австрии, Польше в XVIII–XIX вв., в России и Беларуси впервые опыты проведены в прошлом веке.

*Землевание* – способ улучшения физических, тепловых, агротехнических и микробиологических свойств торфяной почвы и солонцов путем внесения на них песка (пескование), суглинка и глины (глинование).

Внесение добавок минерального грунта повышает плотность и не-

сущую способность торфа, улучшает проходимость тракторов и сельскохозяйственных машин, снижает кислотность пахотного слоя и содержание вредных для растений закисных соединений и полуторных окислов, улучшает питательный режим почвы (увеличивается содержание нитратов, кальция, магния, ряда микроэлементов, закрепляется в почве калий и фосфор), повышает устойчивость почвы к эрозии и дефляции, уменьшает опасность пожаров и ранневесенних заморозков.

*Торфование* – внесение торфа на песчаные и супесчаные почвы, обладающие высокой водопроницаемостью, малой водоудерживающей способностью и содержащие малое количество перегноя, глинистых и илистых частиц. При внесении торфа повышается влагоемкость, улучшаются водно-физические, агрохимические и биохимические свойства почвы, активизируются микробиологические процессы, несколько улучшается пищевой режим и повышается продуктивность культур. На почвах глинистого и суглинистого состава этот прием неэффективен.

*Сопропелвание почвы.* Активные эрозионные процессы, происшедшие в период деградации последнего ледникового покрова, стали основной причиной распространения в Беларуси многих плоских, сравнительно мелководных водоемов.

Под термином «сапропель» принято понимать современные отложения пресноводных непроточных водоемов или озер со слабыми течениями, в которых содержится не менее 15 % органических веществ от абсолютно сухой массы.

При добыче сапропеля выгода двойная: обновляется озеро, почти потерявшее свою ценность, и одновременно в сельскохозяйственный оборот вовлекаются расположенные вдоль водоема пустующие земли.

В настоящее время существуют две технологии добычи сапропелей: гидромеханизированный и экскаваторно-грейферный. Первый из них является самым дешевым и наиболее распространенным, он рекомендуется для добычи малозольных (до 40–50 %) и обводненных сапропелей (влажность более 92 %). Лимитирующим фактором является глубина воды (до 4–5 м) на месторождении.

В Республике Беларусь разведано более 200 месторождений сапропеля с общим запасом 3 млрд. м<sup>3</sup> (75 % сосредоточены в Белорусском Поозерье) и ежегодным приростом 1,8 млн. м<sup>3</sup>.

Из сапропеля производят ценные гранулированные удобрения-сапрофиты (одна тонна дает прибавку 30–35 ц/га картофеля), он ис-

пользуется в лечебных, строительных и других важных целях. Например, с 1977 г. на озере Червоное Гомельской области ежегодно заготавливают 25–35 тыс. т сапропеля.

### 5.7. Особые виды мелиораций

Кроме вышеупомянутых различают также:

– *снежные мелиорации*, позволяющие улучшать водный и тепловой режим почв путем снегозадержания и снегонакопления (посадка полезащитных лесных полос, создание кулис, установка щитов, устройство снежных валов), ускорения таяния снега (зачернение снега золой, торфяной крошкой, рыхление снега), замедление его таяния (покрытие соломой, уплотнение снега и т. д.);

– *мелиорацию климата* или систему мероприятий, направленных на изменение климата в нужном для человека направлении (повышение лесистости местности, устройство прудов, искусственное вызывание осадков, рассеивание дождевых облаков, борьба с градом, накопление углекислого газа в атмосфере и создание парникового эффекта на земле и др.);

– *тепловую мелиорацию* (включает мероприятия по изменению микроклимата путем ее орошения, осушения, применения агротехнических приемов, аэрозольного увлажнения, использования термальных вод, мульчирование почвы, дымление для борьбы с заморозками);

– *биологическую мелиорацию* (использование растений с высокой транспирационной способностью (ольха, ива, тополь, ясень, вяз) для осушения заболоченных земель, использование растений и живых организмов для очистки воды и почвы, переработки отходов промышленности и сельского хозяйства);

– *противомалярийную мелиорацию* (обработка химическими средствами водосливов со стоячей или медленно движущейся водой, мест выплода личинок комара, ликвидация застоев воды в понижениях местности);

– *ландшафтную мелиорацию*, направленную на улучшение свойств ландшафтов (конкретной территории, однородной по своему происхождению и истории развития, обладающей единым геологическим фундаментом, однотипным рельефом, общим климатом, однообразным сочетанием почв, биоценозов) с целью оптимального использования природного потенциала земельных, водных, климатических и биологических ресурсов.

Существует и ряд других менее распространенных мероприятий, направленных на улучшение среды обитания и деятельности человека, повышение социально-экономического и экологического потенциала агроландшафтов.

## **5.8. Сельскохозяйственное освоение мелиорированных земель**

### **5.8.1. Принципы использования мелиорированных угодий**

Освоение мелиорированных земель – комплекс инженерных, агротехнических, агроклиматических и организационных мероприятий, направленных на получение в нормативные сроки проектной урожайности сельскохозяйственных культур. В период освоения мелиорированных земель обеспечивается доведение плодородия почв до уровня, гарантирующего получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур независимо от колебаний погоды.

Большое многообразие почвенного покрова мелиорированных территорий побуждает постоянно совершенствовать технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Однако к настоящему времени они могут достаточно четко дифференцироваться для трех основных групп почв – торфяных, связного гранулометрического состава, песчаных и рыхлосупесчаных.

Технологии использования торфяных почв должны отвечать требованиям экологической совместимости, обеспечивать максимальное использование высвобождаемого в результате разложения органического вещества минерального азота, не допуская непроизводительных его потерь. При этом следует руководствоваться следующими принципами:

– чем меньше торфяных почв в общей площади сельхозугодий, тем относительно большая их доля отводится под луговые угодья, а меньшая – под пашню;

– если торфяные почвы занимают менее 30 % площади сельхозугодий хозяйства, их необходимо отводить под культурные луга длительного пользования независимо от остаточной мощности торфяного слоя;

– при условии, когда торфяные почвы составляют 30–50 % площади сельхозугодий, наряду с созданием культурных лугов часть их площади допустимо отводить под пахотные угодья;

– при удельном весе торфяных почв в землепользовании хозяйства

от 50 до 100 % рекомендуется 30–50 % использовать под луговые угодья, 50–70 % – под пашню;

– торфяно- и торфяно-глеевые почвы, а также маломощные торфяные (до 1 м) рекомендуется отводить под бобово-злаковые и злаковые многолетние травы длительного пользования;

– торфяные почвы с глубокой и средней залежью (более 1 м) можно использовать как под культурные луга, так и в качестве пашни;

– все подтопляемые из-за неудовлетворительной работы мелиоративной сети площади торфяных почв следует исключить из пахотных угодий и отводить только под луга длительного пользования с залужением влаголюбивыми травами.

Под пашню отводятся хорошо окультуренные с отрегулированным водным режимом торфяные почвы. Эколого-экономически обоснованное использование торфяных почв в качестве пашни представляется обеспечить лишь в системе правильных почвозащитных зерно-травяных севооборотов.

Таким образом, национальная стратегия в использовании торфяных почв, и прежде всего маломощных, в регионе Белорусского Полесья с целью продления их долговечности сводится к тому, чтобы в ближайшей перспективе полностью вывести из них зерновые и пропашные культуры, заменив их высокопродуктивными угодьями длительного пользования. Луговые угодья требуют меньшей нормы осушения и в большей мере, чем другие культуры, пополняют почву послеуборочными остатками; сдерживают интенсивность минерализации органического вещества; более устойчивы к заморозкам, часто повторяющимся на торфяниках; хорошо защищают почву от ветровой эрозии; обеспечивают высокую и наиболее стабильную по годам продуктивность. Необходимо отметить развитие на этих землях высокопродуктивного, экономически выгодного луговодства, считая его основой экологически безопасного земледелия.

Долговечность торфяно-болотных почв при осушении ( $t$ , лет) может быть определена по формуле

$$t = - \frac{\ln\left(1 - \frac{H - H_{\min}}{AH_0}\right) + a(z + c)}{b(z + c)}, \quad (5.2)$$

где  $H_0$  – начальная мощность слоя торфа, м;

$A$  – коэффициент плотности торфа;

$H_{\min}$  – минимальная мощность торфа, ниже которой он прекращает существовать как разновидность почвы;

$z$  – норма осушения, м;

$c$  – среднее превышение УГВ над дном каналов и дрен, м;

$a$  и  $b$  – коэффициенты скорости уплотнения (осадки) в первом и последующих годах осушения.

Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые почвы наиболее целесообразно использовать в системе полевых и кормовых севооборотов для производства зерна и кормов из наиболее ценных зерновых культур, льна, трав, картофеля, кормовых корнеплодов и др.

Мелиорированные песчаные и распаханые почвы целесообразно использовать в качестве пашни только при условии бездефицитного баланса органического вещества.

Все осушенные подтопляемые пойменные земли следует исключать из пахотных и использовать только под кормовые угодья длительного пользования, проводить их залужение влаголюбивыми травами.

Особая роль в повышении продуктивности животноводства принадлежат культурным пастбищам.

Для создания культурных пастбищ наиболее пригодны участки природных или улучшавшихся ранее, но выродившихся кормовых угодий с достаточно влагообеспеченными суглинистыми или супесчаными почвами, а также осушенные низинные болота с хорошо разложившимся торфом. Под культурные пастбища целесообразно использовать также прилегающие к фермам участки пашни, компенсируя их площади за счет распашки и включения в пашню более удаленных от ферм массивов луговых угодий.

Все мероприятия по мелиоративному строительству, эксплуатации мелиоративных систем и сельскохозяйственному использованию мелиорированных земель должны обеспечивать экологически безопасное природопользование в пределах регионов, водосборов, отдельных хозяйств и мелиоративных объектов.

### **5.8.2. Приемы снижения загрязнения радионуклидами сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях**

В результате Чернобыльской аварии около 70 % радиоактивных веществ, выброшенных в атмосферу, выпало на территории Беларуси. Загрязнено 23 % всей площади, где проживало 2,2 млн. человек. Загрязнению с плотностью выше 1 Ки/км<sup>2</sup> по цезию-137 подверглось

более 1,8 млн. га сельскохозяйственных земель, из которых 265 тыс. га исключены из сельскохозяйственного оборота. Выведены из оборота преимущественно земли с плотностью загрязнения цезием-137 свыше 40 Ки/км<sup>2</sup>, стронцием-90 – свыше 3 Ки/км<sup>2</sup>, плутонием – свыше 0,1 Ки/км<sup>2</sup> в связи с превышением предельных дозовых нагрузок на население и сложностью получения сельскохозяйственной продукции с допустимым уровнем загрязнения радионуклидами.

Основное внимание преодолению последствий Чернобыльской катастрофы направлено на загрязненные земли, где проживает население. Сельскохозяйственное производство ведется на 1,3 млн. га, загрязненных цезием-137 с плотностью 1–40 Ки/км<sup>2</sup>, из которых 0,46 млн. га одновременно загрязнены стронцием-90 с плотностью 0,15–3,0 Ки/км<sup>2</sup>. Основные массивы загрязненных пахотных и луговых земель сосредоточены в Гомельской (57 %) и Могилевской (27 %) областях. В Брестской, Гродненской и Минской областях доля загрязненных земель составляет соответственно 7; 4; 5 %.

Вместе с тем известно, что до определенного содержания радионуклидов в почве на ней можно выращивать чистую сельскохозяйственную продукцию, не приносящую вреда для животных и людей. Ведение сельского хозяйства на землях, подверженных радиоактивному загрязнению, регламентируется Руководством по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь. По накоплению радиоцезия на единицу сухого вещества установлен следующий убывающий ряд: разнотравье естественных сенокосов и пастбищ, многолетние злаковые травы, клевер, зеленая масса рапса, гороха, солома овса, зеленая масса кукурузы, кормовая свекла, зеленая масса однолетних бобово-злаковых травостоев, солома озимой ржи, зерно овса, картофель, солома ячменя, зерно озимой ржи, зерно ячменя.

Снижение уровней загрязнения сельскохозяйственной продукции достигается путем осуществления агротехнических, культуртехнических, агрометеорологических и мелиоративных мероприятий. Обыкновенная вспашка загрязненных радионуклидами земель уменьшает внешнее облучение в три раза, а запашка верхнего загрязненного радионуклидами слоя на глубину 0,25–0,4; 0,4–0,6; 0,6–0,8 м снижает загрязненность сельскохозяйственной продукции соответственно в 1,7; 2,0 и 10 раз и в значительной мере уменьшает внешнее облучение.

Захоронение внешнего загрязненного радионуклидами слоя на

глубину 1,1 м и более полностью ликвидирует внутреннее и внешнее облучение.

При загрязнении радионуклидами пахотного слоя понижение уровня грунтовых вод с глубины 0,5 м и менее до глубины 0,9–1,2 м уменьшает загрязнение сельскохозяйственной продукции на 65–80 % (до 3–5 раз). При дальнейшем понижении УГВ до 2,0 м уменьшение составляет только 35–50 % (до 1,5–2,0 раз) от первоначальной величины загрязнения. Переувлажнение загрязненного пахотного слоя приводит к увеличению содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции до 3 раз, а осушение до оптимальной влажности – к уменьшению до 3 раз. Применение калия и кальция (аналогов цезия и стронция) путем доведения их содержания в загрязненном слое до оптимальных норм уменьшает загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами в 2–4 раза.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите задачи и виды культуртехнических мелиораций.
2. Приведите малоотходные технологии культуртехнических работ.
3. Перечислите основные противоэрозионные мероприятия.
4. Какие бывают способы рекультивации земель по видам нарушений?
5. Назовите виды рекультивации загрязненных земель.

## **6. МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **6.1. Проблема охраны окружающей среды**

*Окружающая среда* – среда обитания и производственной деятельности человечества. Под термином обычно понимается природная среда, окружающая человека. Нередко в это понятие включают элементы искусственной среды: жилые строения, промышленные предприятия, каналы, водохранилища и т. д.

*Охрана природы* – это разработка и осуществление комплекса мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов. Эти мероприятия могут проводиться в жизнь на различных уровнях: международном, государственном, ведомственном, производственном, общественном и т. д.

Никакая другая отрасль общественного производства не связана так с проблемой охраны окружающей среды и рационального приро-

допользования, как сельскохозяйственное производство. Под влиянием сельского хозяйства изменяются почвы, растительность, животный мир, гидрографические особенности местности, качество атмосферного воздуха и воды и др. Эти изменения оказывают определенное воздействие на народное хозяйство, здоровье людей и т. д. Поэтому комплексная охрана природы в зоне сельского хозяйства исторически необходима.

Земля – бесценное творение природы, основное и главное средство сельскохозяйственного производства. Более миллиона лет она кормит человечество. Без преувеличения можно утверждать, что произрастающие на земле растения дают нам пищу, одежду, топливо. По мере развития общества, роста его численности увеличивается и спрос на продукты питания и предметы потребления. Обеспеченность же пашней в расчете на душу населения систематически сокращается. В этих условиях дальнейшее значительное увеличение производства продуктов сельского хозяйства возможно лишь за счет повышения производительности земли, ее плодородия.

В целом мелиорация и рекультивация земель не должна противоречить основным принципам государственной политики в области охраны окружающей среды в Республике Беларусь, главными из которых являются:

- государственная собственность на все виды природных ресурсов;
- система госконтроля за состоянием природной среды и рациональным использованием природных ресурсов;
- обязательная экологическая экспертиза всех проектируемых, строящихся и эксплуатируемых хозяйственных объектов;
- платность природопользования;
- система мер административной и уголовной ответственности за нарушение природоохранного законодательства и возмещение нанесенного ущерба за счет нарушителей;
- совершенствование законодательной и нормативной базы в области охраны окружающей среды и природопользования.

## **6.2. Влияние мелиорации на окружающую среду**

Мелиоративные мероприятия наибольшее влияние оказывают на почву (землю), воду, естественную растительность и животный мир, рыбные запасы, воздушную среду, ландшафты и памятники природы. Процесс этот не был особенно заметным, когда мелиорированные зем-

ли занимали небольшую часть площадей водосборов рек. Однако широкомасштабные мелиорации поставили в число самых актуальных вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов от истощения, деградации, загрязнения.

Мелиорация земель, ставшая материальной потребностью жизни общества, должна быть направлена на улучшение природы, повышение ее материальной и эстетической значимости для человека, создание культурных ландшафтов. Глубокие изменения в природной среде происходят не только в пределах зоны применения мелиораций, но и на прилегающих к мелиоративным системам территориях, которые становятся более доступными к освоению.

Например, преобразуя сложившийся веками природный комплекс, осушение так или иначе стало влиять на водный режим прилегающих территорий, водоснабжение населенных пунктов, растительный и животный мир, сток рек, затрагивая таким образом интересы многих отраслей народного хозяйства. Положительные стороны осушительных мелиораций широко известны. Однако они могут привести к частичным нежелательным изменениям, а иногда и к отрицательным воздействиям на природу без научных прогнозов изменения в окружающей среде.

При осушении больших болотных массивов и использовании их под пропашные культуры при сильном ветре могут возникать пыльные черные бури. Органическое вещество торфа выносится на лесные массивы, озера и бесследно исчезает. В связи с этим следует стремиться использовать торфяники, прежде всего, под травы, применять высокую агротехнику возделывания других культур, проводить лесомелиоративные мероприятия по борьбе с эрозией почв, поддерживать оптимальный водный режим.

Таким образом, влияние мелиорации на окружающую среду весьма многообразно и разносторонне. Поэтому при осуществлении любого проекта мелиорации земель необходим прогноз всех возможных последствий изменения в природной обстановке и обязательное планирование конкретных природоохранных мероприятий, исключающих отрицательные воздействия на окружающую среду.

### **6.3. Природоохранные мероприятия в условиях мелиорации**

В основу всех мероприятий должны быть положены принципы рационального природопользования и охраны природы.

Мелиорация земель (строительство осушительных, оросительных,

осушительно-увлажнительных и других систем, гидротехнических сооружений, водохранилищ и др.) порой видоизменяет ландшафты. Поэтому при планировании и выполнении ее следует предусматривать мероприятия по охране и повышению привлекательности естественно-го ландшафта.

Хорошо вписываются в новый пейзаж деревья и кустарники вдоль каналов, отдельно растущие деревья или их группы на местности, с которой удаляется естественная низкопродуктивная растительность.

На минеральных возвышенностях, встречающихся на болотах, древесно-кустарниковую растительность нужно оставлять в естественном состоянии, если она не препятствует проведению полевых или других работ. Рекомендуется залесение отдельных участков, не используемых в сельском хозяйстве.

Весьма тщательно следует продумывать вопросы о создании ландшафтов или использовании естественных при проектировании и строительстве новых поселков. Желательно, чтобы около них имелись леса, водоемы и другие элементы природы, украшающие жизнь человека.

Искусственные водоемы целесообразно располагать у населенных пунктов. Чистота и красота водотоков сохраняются естественными зелеными водоохранными зонами. Если таких зон нет, создают новые лесные насаждения.

Положением о *водоохранных зонах* на территориях, примыкающих к акваториям рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, устанавливается специальный режим хозяйственной и другой деятельности с целью предотвращения загрязнения, заиления и истощения водных объектов, а также сохранения среды обитания животных и растений.

Минимальная ширина водоохранных зон устанавливается в зависимости от длины рек: для малых (до 10 км) рек – 50 м, для рек длиной 50–100 км – 200 м, при длине 500 км и более – 500 м. У истоков рек водоохранная зона устанавливается радиусом не менее 50 м.

Минимальная ширина водоохранных зон для озер и водохранилищ составляет 300 м (при площади акватории до 2 км<sup>2</sup>) и 500 м (при 2 км<sup>2</sup> и более). Около верховых болот, прилегающих к постоянным водотокам, устанавливаются водоохранные зоны по этому же принципу.

В пределах водоохранных зон запрещается: применение химических средств для борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками, использование навозных стоков для удобрения почв, проведение авиационно-химических работ, размещение складов ядохимикатов,

удобрений и горюче-смазочных материалов, мест захоронения отходов, скотомогильников и др., размещение дачных и садово-огородных участков при ширине зон менее 100 м и крутизне склонов более 3°.

В пределах водоохранных зон создаются прибрежные защитные полосы, размеры которых устанавливаются в зависимости от вида угодий, прилегающих к водному объекту и крутизны склонов. Ширина прибрежных защитных полос изменяется от 15–25 м для дуга и сенокоса, 15–30 м для пашни и 35 м для леса и кустарника при нулевом и обратном уклоне до соответственно 35–0 м, 55–100 и 55–100 м при уклоне более 3°.

В пределах прибрежных защитных полос запрещаются распашка земель, применение удобрений, выпас и организация летних лагерей скота, размещение палаточных городков, движение автомобилей и т. д. Одной из наиболее эффективных форм охраны ландшафтов являются заповедники – участки суши и водных пространств, изъятые в установленном порядке из какого бы то ни было хозяйственного пользования и надлежащим образом охраняемые. Они должны служить эталонами природы, быть местом познания хода естественных, не нарушенных человеком процессов, свойственных ландшафтам определенного географического региона.

Охрана памятников природы – это объективная охрана природы. К объектам могут быть отнесены водопады, гейзеры, пещеры, уникальные геологические обнажения, места захоронения вымерших животных, редкостные или исторически ценные деревья.

Нынешняя мелиорация земель – это качественно новая ступень в управлении окружающей средой, сознательное преобразование природы в интересах всего общества. Необходимо проводить мелиорации, при которых обеспечивался бы рост эффективного плодородия почв, их высокая продуктивность и гармонично сочетались интересы народного хозяйства и окружающей среды.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите проблемы окружающей среды.
2. Дайте оценку пространственного влияния мелиорации земель.
3. Приведите экологические основы мелиорации почв.
4. Назовите основные принципы государственной политики в области охраны окружающей среды.
5. Приведите примеры природоохранных мероприятий в условиях мелиорации почв.

## 7. ПЛАНИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ

### 7.1. Мелиоративный фонд Республики Беларусь и его освоение

*Мелиоративный фонд* – это мелиорированные земли и земли, требующие коренного и поверхностного улучшения посредством потенциально возможного проведения мелиораций (гидротехнических, культуртехнических, химических и т. п.).

Общий земельный фонд Республики Беларусь за последние годы остается неизменным и составляет 20,8 млн. га, в том числе по категориям: земли сельскохозяйственного назначения занимают 50,2 %; земли населенных пунктов – 8,7 %; земли промышленности, транспорта, связи, энергетики и другие земли – 5,0 %; земли природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения – 2,2 %, земли лесного фонда, покрытые и не покрытые лесом (вырубки, гари, болота, дороги, просеки), представленные для ведения лесного хозяйства – 32,7 %; земли водного фонда, занятые водными объектами, а также выделенные под полосы отвода и водоохраные зоны водозаборов, гидротехнических сооружений и других водных объектов – 1,0 %; земли запаса, не представленные в собственность и аренду (болота, пески, овраги, каменистые поверхности и др.) – 0,2 %.

Из общего земельного фонда пахотные угодья занимают 6133 тыс. га, переувлажненные земли – 8,1 млн. га, в том числе первоочередной мелиоративный фонд – 4,5 млн. га. В то же время 9,7 % пашни завалунено, эродированные и эрозионно-опасные земли на пашне занимают 38 %, средний размер контура пашни составляет 11,2 га (в Витебской области – 3–5 га), 14 % сельскохозяйственных угодий имеют низкое содержание гумуса (менее 1,5 %), 2 млн. га пашни и 700 тыс. га кормовых земель требуют известкования, 88 тыс. га заросли кустарником и мелколесьем, 1,3 млн. га загрязнены радионуклидами (цезием-137), 40 тыс. га нарушенных земель требуют рекультивации.

По данным последней инвентаризации на 1 января 2016 г. в республике насчитывалось 3426 тыс. га осушенных земель, в том числе закрытым дренажем – 2234 тыс. га, что составляет около 31 % всех

сельскохозяйственных земель. Орошаемые земли занимают площадь 46,9 тыс. га.

Большая часть осушенных земель (63 %) сконцентрирована в Брестской, Гомельской и Минской областях. Так, на одно хозяйство Брестской области в среднем приходится более полутора тысяч гектаров осушенных земель. В 15 районах Беларуси мелиорированные земли составляют более 50 % от площади сельскохозяйственных земель и обеспечивают производство основной части продукции растениеводства.

В составе осушенных земель торфяные почвы занимают 901 тыс. га (30,8 %), минеральные – 2026,9 тыс. га. Торфяные почвы на осушенных землях преобладают в Брестской (207,7 тыс. га), Гомельской (206,1 тыс. га) и Минской (263,6 тыс. га) областях. Значительно меньше их в Витебской (55,5 тыс. га), Гродненской (93,4 тыс. га) и Могилевской (74,7 тыс. га) областях.

В Витебской, Могилевской, северной части Минской областей среди осушенных земель преобладают дерново-подзолистые суглинистые почвы.

Мелиоративные системы Беларуси включают 156 тыс. км осушительных каналов и водоприемников, 725 тыс. гидротехнических сооружений, 955 тыс. км закрытых дренажных коллекторов и дрен, 17,8 тыс. км эксплуатационных дорог, 480 насосных станций, 1074 прудов и водохранилищ.

На 1 января 2016 г. осушительные мелиоративные системы на площади 511,8 тыс. га нуждаются в реконструкции, требуется реконструировать 1518 важнейших сооружений.

## **7.2. Качественная оценка земель мелиоративного фонда**

Правильное планирование мелиораций требует также достоверных сведений о качестве земель. *Качественная оценка земель* – это своеобразная классификация сельскохозяйственных земель, характеризующая их плодородие.

Учет количества и качества мелиорируемых земель осуществляется в соответствии с законодательством об охране и использовании земель в рамках ведения государственного земельного кадастра и проводят его путем их инвентаризации, паспортизации и составления мелиоративного кадастра.

*Инвентаризация и обследование мелиоративных систем* – это единовременный учет каналов и сооружений, т. е. самого механизма системы, с указанием их стоимости. Она предполагает учет мелиоративного имущества для обеспечения его сохранности и проводится один раз в пять лет специально созданной комиссией.

Порядок проведения и формы актов инвентаризации и обследования мелиоративных систем и сооружений определяются Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

*Паспортизация* – это единовременное мероприятие по составлению документов (паспортов), которые содержат сведения, характеризующие в основных чертах каналы и сооружения, системы по их типу, составу, конструкции, материалам, размерам, назначению и состоянию.

*Кадастр* (от лат. *capitastum*) – это реестр, список, документ, составленный официальным органом или учреждением. Мелиоративный кадастр как значительно широкое мероприятие включает в себя не только инвентаризацию и паспортизацию, в нем указывается территориальное размещение мелиорированных земель, каналов и сооружений, дается качественная оценка мелиорируемого земельного фонда и степени использования водных ресурсов, оценка в единых ценах всех мелиоративных систем и сооружений, определяется динамика мелиоративных фондов и эффективность использования мелиорируемых земель и капиталовложений.

Мелиоративный кадастр создает основу для нормальной и эффективной эксплуатации мелиорируемых земель, водных ресурсов, мелиоративных систем и водоохраных сооружений, для планирования мероприятий по эксплуатации мелиоративных систем, их оснащению и техническому улучшению, наиболее полному использованию водных и земельных ресурсов, для установления общего направления мелиорации в стране.

Мелиоративные системы (их части) и гидротехнические сооружения могут быть выведены из эксплуатации и сняты с государственного учета в случаях:

- если они пришли в непригодное состояние в процессе эксплуатации и отслужили нормативный срок работы;
- если пришли в непригодное состояние в случаях аварий, стихийных бедствий и иных чрезвычайных ситуаций, если их восстановление технически невозможно или экономически нецелесообразно;
- перевода в соответствии с законодательством земель, на которых они расположены, в другие категории или виды земель;
- в иных случаях, предусмотренных законодательными актами.

Для планирования и проектирования мелиораций можно использовать упрощенную *качественную* оценку земель мелиоративного фонда, проводимую по основным ее категориям. На пашне эти категории различают по степени избыточного увлажнения, способа осушения, типам и механическому составу почв, их окультуренности, а также закаменности и мелкоконтурности земель; на лугово-пастбищных землях – по типам лугов, почвенным разновидностям, степени увлажнения, характеру использования, окультуренности, а также закустаренности и закаменности.

Исходными данными для качественной оценки мелиоративного фонда служат почвенные карты хозяйств, картограммы кислотности почв и содержание в них питательных веществ, результаты почвенно-мелиоративных и культуртехнических изысканий, материалы паспортизации полей и т. д.

Качественная оценка земель на практике проводится по 100-балльной системе. Чем выше балл, тем лучше земля для сельскохозяйственного использования. В Республике Беларусь балл почвы ( $B_{п}$ ) определяется по шкале, разработанной Белорусским НИИ почвоведения и агрохимии.

В хозяйствах, где свойства мелиорированных земель отличаются от оптимальных, вводятся поправочные коэффициенты на окультуренность, завалуненность, контурность, закустаренность и климатические условия. При определении проектного уровня урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности сенокосов и пастбищ необходимо учитывать то обстоятельство, что после проведения мелиоративных работ увеличивается средний размер обрабатываемых участков, улучшается их конфигурация, удаляются камни и другие препятствия. В период окультуривания мелиорированных земель внесение известковых материалов, органических и минеральных удобрений способствует накоплению в почве питательных веществ. Поэтому при балльной оценке земель на расчетный год в проектах необходимо учитывать изменение контурности сельскохозяйственных земель, степень завалуненности, изменение кислотности, увеличение в почве фосфора и калия.

Балл сельскохозяйственных земель после проведения мелиорации земель и их освоения определяется путем введения поправочных коэффициентов:

$$B_{м} = B_{п} \cdot K_{о} \cdot K_{з} \cdot K_{в} \cdot K_{к} \cdot K_{з} \cdot K_{у}, \quad (7.1)$$

где  $B_{п}$  – балл пашни;

$K_o, K_э, K_в, K_з, K_к, K_y$  – поправочные коэффициенты соответственно на окультуренность, эродированность, зава-  
луенность почвы, размер участков, заку-  
старенность, климатические условия.

### **7.3. Планирование и организация мелиоративных работ**

В настоящее время в Республике Беларусь основным направлением в области мелиорации почв является получение максимальных доходов от сельскохозяйственного и лесохозяйственного использования мелиорированных земель при минимальных затратах на их обслуживание с одновременным обеспечением экологических требований.

Мелиорация земель в республике осуществляется на основе следующих принципов:

- государственное регулирование и управление в области мелиорации земель;
- государственный учет мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений;
- государственный надзор за проведением мелиоративных мероприятий;
- обеспечение экологической безопасности при проведении мелиоративных мероприятий;
- научная, экологическая и экономическая обоснованность проведения мелиоративных мероприятий;
- сохранение и рациональное использование торфяных почв сельскохозяйственных земель;
- сохранение и повышение продуктивности земель;
- соблюдение при проведении мелиорации земель прав и законных интересов пользователей мелиоративных систем и иных лиц;
- использование новейших технологий при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем и сооружений.

*Государственное регулирование и управление* в области мелиорации и рекультивации земель осуществляются Президентом Республики Беларусь, Правительством Республики Беларусь, республиканскими, областными, районными и другими специально уполномоченными государственными органами управления по вопросам сельского хозяйства и землеустройства.

*Планирование мелиорации* и рекультивации земель проводится в соответствии с государственной и региональными программами, а также по заказам земледельцев, землепользователей и собственников земельных участков. В программах предусматриваются приоритеты определенных видов мелиоративных мероприятий.

При реализации этих программ в соответствии с действующими в Республике Беларусь нормативными правовыми актами в строительстве функции государственного заказчика выполняет Министерство сельского хозяйства и продовольствия в лице Департамента по мелиорации и водному хозяйству, заказчика при выполнении работ за счет республиканского бюджета – Белорусский государственный концерн по строительству и эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем «Белмелиоводхоз», а из других источников – в соответствии с законодательством.

Выбор объекта осуществляется на основе бизнес-планов, разрабатываемых районными управлениями сельского хозяйства и продовольствия по предложению сельскохозяйственных, мелиоративных организаций, в которых учитываются потенциальное плодородие почв, техническое состояние систем, эффективность вкладываемых средств и достижение обоснованных показателей сельскохозяйственного производства.

Утвержденный перечень объектов (строек) мелиорации и рекультивации на планируемый период является основой для проведения тендерных торгов по выбору проектной организации. Контроль выбора объектов осуществляют: на районном уровне – районные исполнительные комитеты; на областном – комитеты по сельскому хозяйству и продовольствию и облисполкомы; на республиканском – Департамент по мелиорации и водному хозяйству.

Создание и использование мелиоративных и водохозяйственных объектов определяют собой комплекс последовательно взаимосвязанных звеньев или этапов: 1 – *изыскания*; 2 – *проектирование*; 3 – *строительство*; 4 – *эксплуатация*. Такая последовательность характерна и для других видов строительства, в частности обустройства сельских территорий. При создании сложных объектов, имеющих важное народнохозяйственное и экологическое значение, приведенным выше этапам может предшествовать этап научного обоснования. Для объектов, включающих проектирование инженерных сооружений, проводятся инженерные изыскания.

Характерной особенностью изысканий для мелиоративного и водохозяйственного строительства является их специфическая комплексность, предполагающая параллельное проведение различных их видов. Основные из них: подготовительные работы и рекогносцировочное обследование, мелиоративно-гидротехнические, топографо-геодезические, почвенно-мелиоративные, культуртехнические, геоботанические, гидрологические, инженерно-геологические, природоохранные, камеральная обработка материалов. Это связано с необходимостью всестороннего учета и анализа природных условий, во взаимодействии с которыми будет находиться проектируемая мелиоративная система или сооружение.

В целом *комплексные инженерные изыскания* можно определить как процесс всестороннего изучения природно-хозяйственных условий района (участка) предполагаемого строительства с целью получения необходимых и достаточных исходных материалов для разработки технически обоснованных, экономически целесообразных и экологически безопасных решений при проектировании, строительстве (реконструкции) и эксплуатации объекта.

Изыскания как первый и наиболее ответственный этап строительного производства во многом определяет его итоговое качество. Ошибочные или неполные данные изысканий неизбежно приводят к некачественному проектированию и строительству.

*Проектирование* строительства и реконструкция мелиоративных систем и сооружений, рекультивация нарушенных земель осуществляются специализированными проектными организациями, получившими в установленном законодательством порядке специальную лицензию (разрешение) на исполнение соответствующих видов работ.

Порядок разработки и утверждения проектной документации по мелиорации земель устанавливается Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь по согласованию с Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь и Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь.

*Государственная экспертиза* проектной документации на строительство, реконструкцию и капитальный ремонт мелиоративных систем и сооружений осуществляется республиканским органом государственного управления по вопросам архитектуры и строительства. Государственная экологическая экспертиза вышеуказанной документации проводится в соответствии с законодательством Республики Беларусь. Контроль качества проектной документации и проведения

экспертизы осуществляет Департамент по мелиорации и водному хозяйству, заказчик и Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь.

Строительство и реконструкция мелиоративных систем и сооружений, рекультивация нарушенных земель осуществляются на основании *проектно-сметной документации*, разработанной в соответствии с государственными строительными, природоохранными, санитарными, другими нормами, правилами и стандартами, согласованными и утвержденными в установленном законодательством, в том числе и с органами Государственной экологической экспертизы, порядке. Данные виды работ выполняются специализированными предприятиями и организациями, имеющими разрешение (лицензию) на их выполнение.

Выбор подрядной организации для объектов со стоимостью строительства менее 3 тыс. базовых величин осуществляется на основании договора строительного подряда, а более – только на тендерной основе. Основными критериями выбора победителя подрядных торгов являются наименьшая стоимость выполняемых работ, при обязательном условии не превышения стартовой цены объекта и выполнения проектных сроков строительства объекта.

Строительство (реконструкция, ремонт) объектов осуществляется только на основе предварительно разработанных решений по организации строительства и технологии производства работ, которые определяются в проекте организации строительства (ПОС) и проекте производства работ (ППР). Состав и содержание проектных решений и документации в ПОС и ППР определяются в зависимости от вида строительства и сложности объекта.

Приемка выполненных работ является составной частью технического надзора заказчика, в процессе которого проводят освидетельствование скрытых работ, промежуточную приемку ответственных конструкций, приемку работ для их оплаты, учет выполненных работ.

*Приемка в эксплуатацию* построенных объектов вышеупомянутого назначения проводится в порядке, установленном Правительством Республики Беларусь. Для этих целей, как правило, создаются специализированные рабочие комиссии, состоящие из представителей проектной, строительной, землеустроительной, финансирующей организаций и заказчика.

Техническую эксплуатацию государственной мелиоративной сети и сооружений осуществляют государственные предприятия по строи-

тельству и эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем за счет средств республиканского бюджета.

Техническая эксплуатация регулирующей осушительной сети и сооружений, находящихся на балансе сельскохозяйственных предприятий (внутрихозяйственная мелиоративная сеть), осуществляется ими по договорам (на эффективное использование мелиорированных земель) с предприятиями мелиоративной отрасли или своими силами.

*Финансирование* мелиорации и рекультивации земель осуществляется за счет средств республиканского, областного или местных бюджетов, а также средств пользователей земель, кредитов банков и других, не запрещенных законом.

*Государственный контроль* за мелиорацией и рекультивацией земель и их использованием осуществляется в порядке, установленном Правительством Республике Беларусь. Размещение и строительство зданий и сооружений на мелиорируемых (мелиорированных) землях, а также осуществление хозяйственной и иной деятельности не должны ухудшать водный, воздушный, питательный режим почв на мелиорируемых (мелиорированных) землях, а также препятствовать эксплуатации мелиоративных систем и сооружений.

На введенных в эксплуатацию объектах мелиорации земель запрещается:

- устраивать перемычки, скотопрогоны и другие устройства на каналах без согласования с пользователями мелиоративных систем и (или) организациями по строительству и эксплуатации мелиоративных систем;

- распахивать бермы ближе 2 м на водоприемниках и магистральных каналах и 1 м – на регулирующей сети;

- самовольно устраивать водозаборы из мелиоративных каналов, прудов и водохранилищ, открывать и закрывать затворы гидротехнических сооружений;

- вести в зоне плотин, дамб и гидротехнических сооружений земляные работы, строительство, добычу полезных ископаемых открытым способом без согласования с пользователями мелиоративных систем и (или) организациями по строительству и эксплуатации мелиоративных систем;

- осуществлять другие действия, если иное не предусмотрено законодательными актами.

Проведение мелиорации земель запрещается:

- на территории заповедников и национальных парков;

- участках заготовки дикорастущих ягод и лекарственных трав;
- путях миграции диких животных;
- торфяных месторождениях в истоках и устьях водотоков, на водоразделах и являющихся источником питания водных объектов.

Законодательными актами могут быть предусмотрены и другие запреты и ограничения на проведение мелиорации земель.

Юридические и физические лица, причинившие ущерб мелиоративным системам и сооружениям и тем самым имуществу других собственников незаконными действиями, обязаны возместить его в полном объеме, включая упущенную выгоду.

#### 7.4. Экономическое обоснование мелиорации почв

Целесообразность осуществления мероприятий по мелиорации земель и сельскохозяйственного их использования устанавливаются на основе определения общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений в мелиорацию и освоение земель:

$$\Theta = \frac{Ц - И_{\text{сх}} - И_{\text{м}}}{K_{\text{с}}} \geq 0,07, \quad (7.2)$$

где  $\Theta$  – коэффициент экономической эффективности;

$Ц$  – стоимость сельскохозяйственной продукции, получаемой с мелиорируемых земель на расчетный год, руб.;

$И_{\text{сх}}$  – сельскохозяйственные издержки на производство продукции, руб.;

$И_{\text{м}}$  – мелиоративные затраты на содержание и ремонт мелиоративных систем, руб.;

$K_{\text{с}}$  – совокупные капитальные вложения в мелиорацию, освоение площадей и основные фонды растениеводства.

Величина, обратная коэффициенту эффективности, представляет собой срок окупаемости совокупных капитальных вложений.

Капитальные вложения в мелиорацию земель для сельскохозяйственного использования экономически оправданны, если коэффициент эффективности выше или равен 0,07, а срок окупаемости вкладываемых средств в мелиорацию ниже установленных по нормативам. Варианты технических решений и первоочередные, наиболее эффективные объекты мелиорации выбирают по минимуму приведенных затрат.

Расчеты включают определение проектного уровня урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности сельскохозяйственных земель, проектной себестоимости продукции мелиоративного земледелия с мелиорируемых земель, стоимости продукции.

Проектный уровень урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивность сельскохозяйственных угодий можно определять исходя из возможных запасов продуктивной влаги в почве или из конкретных почвенных условий объекта, естественного плодородия почв, их агрохимических свойств и планируемых доз внесения органических и минеральных удобрений по формуле

$$Y_{п} = 0,01(B_{п} \cdot Ц_{б} + D_{НРК} \cdot O_{НРК} + D_{оу} \cdot O_{у}), \quad (7.3)$$

где  $Y_{п}$  – прогнозируемая урожайность, ц/га;

$B_{п}$  – балл пашни;

$Ц_{б}$  – цена балла пашни, кг/га;

$D_{НРК}$  – доза минеральных удобрений, кг/га;

$O_{НРК}$  – оплата минеральных удобрений, кг/га;

$D_{оу}$  – доза органических удобрений, т/га;

$O_{оу}$  – оплата органических удобрений, кг/т.

Проектную себестоимость продукции земледелия рассчитывают на основании разрабатываемых технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур с учетом средних нормативов затрат труда, материально-технических средств и мелиоративных издержек. Затраты на эксплуатационную планировку и другие агромелиоративные мероприятия распределяют равномерно по годам с учетом эффективного действия каждого мероприятия.

Стоимость продукции земледелия с мелиорируемых земель рассчитывают исходя из общего объема ее производства в кормовых единицах и закупочной цены овса.

Фактическую экономическую эффективность мелиорируемых земель определяют на основании фактически сложившихся на объекте затрат, урожайности сельскохозяйственных культур, производственных затрат на их возделывание, а также мелиоративных издержек.

Стоимость основных производственных фондов растениеводства принимают как среднюю по хозяйству или группе хозяйств в расчете на вовлекаемые в сельскохозяйственный оборот площади. В связи с неустойчивой по отдельным годам урожайностью на мелиорируемых землях показатели эффективности определяют по результатам сельскохозяйственного производства на этих землях в среднем за 3 года.

По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, осуществление ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративной сети и агромелиоративных мероприятий на мелиорированных землях обеспечит средневзвешенную прибавку урожая выращиваемых на них сельскохозяйственных культур до 9 ц к. ед/га, что обеспечит ежегодную окупаемость расходов на их проведение, составляющих в настоящее время около 105 тыс. руб/га [13].

### **7.5. Основные направления развития и научно-технического прогресса в мелиорации земель**

*Основными направлениями развития мелиорации земель в Республике Беларусь на современном этапе* следует считать совершенствование эксплуатации исправно функционирующих и реконструкцию (модернизацию) технически устаревших мелиоративных систем или ее отдельных элементов, а также восстановление вышедших из строя, неработающих систем. Эти работы требуют дополнения мероприятиями по охране окружающей среды. Строительство новых объектов производится в ограниченных объемах, необходимых для выполнения общегосударственных или целевых программ, компенсации выбывающих сельхозугодий в результате отвода земель под различные виды строительства, для ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий. При этом должны создаваться экологически безопасные мелиоративные системы высокого технического уровня. Шире будут применяться так называемые «малые» мелиорации (организация, перераспределение и регулирование поверхностного стока, агромелиорации, культуртехника и др.).

Реконструкция мелиоративных систем должна осуществляться только при физическом износе всех основных подсистем мелиоративной сети, а также в случае, если действующий вариант системы не может обеспечить требуемый водный режим, и по другим причинам, что ведет к вторичному заболачиванию и полному выходу земель из сельскохозяйственного использования.

Выбор объектов реконструкции осуществляется в порядке, принятом инвестором на основании результатов инвентаризации мелиоративных систем хозяйств, с учетом следующих приоритетов:

- имеющие крупные животноводческие комплексы;
- имеющие 50 % и более мелиорированных угодий;

имеющие узкую производственную специализацию (овощи, лекарственные растения и т. д.);

имеющие сельскохозяйственные земли, загрязненные радионуклидами более  $5 \text{ Ки/км}^2$ ;

мелиорированные земли, которые подвержены затоплению паводковыми водами при экстремальных погодных условиях.

Реконструкция мелиоративных систем, осушенных систематической открытой сетью, должна быть направлена на уменьшение ее протяженности.

Закрытую осушительную сеть необходимо восстанавливать с максимальным сохранением существующих дренажных линий.

Реконструкция осушительных систем должна выполняться комплексно с проведением агромелиоративных и других мероприятий, направленных на улучшение водоотводящих свойств осушаемых площадей.

Строительство новых гидротехнических сооружений на реконструируемых объектах допускается при надлежащем экономическом обосновании.

Учитывая необходимость обеспечения отдачи от высокозатратных работ по реконструкции, конкретный перечень объектов на реконструкцию (объемов инвестиции в реконструкцию) определяется ежегодно на основании бизнес-планов, представляемых хозяйствами-заявителями, утверждаемых в соответствии с установленным порядком.

Для реализации осуществляемых в республике мелиоративных работ приоритетными направлениями научных исследований являются:

1. Разработка высокоэффективных ресурсосберегающих зональных систем мелиоративного земледелия и луговодства, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов, устойчивое функционирование агроэкосистем.

2. Разработка оптимизированных технологических схем и регламентов ремонтно-восстановительных работ, эколого-экономически обоснованных нормативов проектирования для модернизации и реконструкции мелиоративных систем, обеспечивающих их устойчивость и сохранение в экстремальных условиях, создания комплекса машин, связанных с уходом за мелиоративными системами и их эксплуатацией, проведением агромелиоративных мероприятий.

3. Разработка методов и ресурсосберегающих технологий управления водным режимом при эксплуатации и реконструкции мелиоративных систем.

4. Совершенствование конструкций мелиоративных систем с целью повышения безопасности сельскохозяйственного производства на землях, загрязненных радионуклидами.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Как осуществляется качественная оценка мелиорированных земель?

2. Каким образом реализуется государственное управление, планирование и организация мелиоративных и водохозяйственных работ?

3. Назовите основные показатели экономической эффективности мелиорации и рекультивации земель.

4. Как проводится выбор наиболее выгодных вариантов, видов и объемов мелиоративных и рекультивационных мероприятий?

5. Назовите приоритетные направления научных исследований в области мелиорации земель.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Земля и вода являются основными природными ресурсами и национальным богатством Республики Беларусь, от эффективности использования и охраны которых зависит экономическая, социальная и экологическая ситуация в стране, благополучие каждого человека. Большая распаханность территории сочетается со сложными природными условиями и культуртехнической неустроенностью. Сельскохозяйственные угодья характеризуются большим разнообразием, обусловленным их гранулометрическим составом, степенью увлажнения, проявлением эрозионных процессов, степенью закустаренности.

В настоящее время в Республике Беларусь осушено 3,4 млн. га земель, из них в сельскохозяйственном использовании находится 2,9 млн. га. Кроме повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий мелиоративное обустройство этих территорий решило целый ряд социальных программ. На крупных мелиоративных массивах созданы десятки хозяйств. Центральные их усадьбы представляют собой поселки городского типа с развитой инфраструктурой: культурно-бытовые учреждения, школы, детские сады и ясли, больницы, торговые центры.

Особенно это относится к Полесью. Благодаря проведению комплексных мелиораций экономический потенциал региона возрос за

двадцать лет в 2,5 раза, и люди в подавляющем большинстве воспринимают это положительно. Одновременно с осуществлением мелиоративных работ построены сотни километров автомобильных дорог, сданы в эксплуатацию после строительства объекты социального и производственного назначения, сети водоснабжения и канализации, выполнено водное обустройство ряда сельских населенных мест. В то же время в республике не остановлены неблагоприятные процессы заболачивания и деградации земель, потери почвой плодородия. Ухудшилась эксплуатация мелиорируемых земель, построенные ранее мелиоративные системы выходят из строя, увеличивается мелкоконтурность и закустаренность сельхозугодий.

Все большее значение в развитии общества играют экологические проблемы. Произошедшие за последние годы стихийные бедствия антропогенного и климатического характера (авария на ЧАЭС, паводки в зоне Полесья) выявили проблемы в разработке и реализации мероприятий по предотвращению губительного воздействия этих явлений на безопасность жизнедеятельности человека, снижению поступлений нитратов и радионуклидов в водные ресурсы и урожай, защите сельских населенных мест от стихийных бедствий, нахождению дешевых источников энергии. В этих условиях добиваться устойчивого обеспечения населения Республики Беларусь качественным продовольствием становится все более затруднительным.

Антропогенная нагрузка достигла такого уровня, когда сама природа уже не в состоянии справиться с восстановлением земельных ресурсов в ходе естественных процессов. Если не принять кардинальных мер по предупреждению их загрязнения в результате сельскохозяйственной деятельности, населению республики уже в ближайшие десятилетия угрожает перспектива остаться без экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Прогнозируемые учеными глобальные изменения климата показывают, что альтернативы экологически сбалансированному природопользованию в Республике Беларусь нет.

Основные направления развития мелиорации на современном этапе сводятся к следующему:

1. Мелиорация – одна из основных составляющих развития сельского хозяйства, обеспечивающая не только подъем и стабилизацию уровня производства, но и создание гарантированных страховых запасов продовольствия и сырья и тем самым в значительной степени – продовольственную безопасность страны.

2. Развитие мелиорации позволяет существенно увеличить налогооблагаемую базу, гарантированность возврата кредитов, а также рост трудовой занятости населения, смягчение социальной напряженности.

3. Планирование мелиорации следует осуществлять на основе комплексного подхода, отдавать приоритет тем ее видам и способам, которые дают наибольший экономический эффект в данном регионе и обеспечивают безопасность будущих поколений в области охраны окружающей среды.

4. При ограниченности средств их следует направлять в первую очередь в те регионы и хозяйства, которые способны обеспечить быструю отдачу финансовых вложений в производство, переработку и реализацию продукции.

5. На мелиорируемых землях следует возделывать высокоэффективные сельскохозяйственные культуры, применять адаптивно-ландшафтную систему земледелия и т. д.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лагун, Т. Д. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие / Т. Д. Лагун. – Минск: Тонпик, 2008. – 384 с.
2. Лагун, Т. Д. Мелиорация и рекультивация земель. Лабораторный практикум: учеб. пособие / Т. Д. Лагун. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 286 с.
3. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов [и др.]. – М.: Колос, 2008. – 552 с.
4. Желязко, В. И. Сельскохозяйственные мелиорации: пособие / В. И. Желязко, Т. Д. Лагун, А. С. Кукреш. – Горки: БГСХА, 2012. – 286 с.
5. О мелиорации земель: Закон Респ. Беларусь от 23 июля 2008 г. № 423-3 // Нац. реестр. правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 184. – 2/1520.
6. Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь от 4 авг. 2011 г. № 342 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь. – Режим доступа: [www.pravo.by](http://www.pravo.by). – Дата доступа: 29.09.2011.
7. Государственная программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2011–2015 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 авг. 2010 г., № 1262 // Нац. реестр. правовых актов Респ. Беларусь. – 2010. – № 242. – 4/2115.
8. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации: учебник / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
9. Водный кодекс Республики Беларусь. – Минск: Белбизнеспресс, 1998. – 50 с.
10. Кадастр использования водных ресурсов / под ред. А. Н. Колобаева. – Минск: Белфорт, 1977. – 209 с.
11. Ефремов, А. Л. Гидротехнические мелиорации: учеб. пособие / А. Л. Ефремов. – Минск: БГТУ, 2008. – 240 с.
12. Ильин, С. П. Формирование и охрана компонентов окружающей среды: учеб. пособие / С. П. Ильин, В. Н. Рыбкин, И. С. Сильченков. – М.: МГУП, 2007. – 143 с.
13. Практика рекультивации загрязненных земель: учеб. пособие / под ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГТУ, 2012. – 604 с.
14. Желязко, В. И. Рекультивация и охрана земель: пособие / В. И. Желязко, Т. Д. Лагун, Э. Н. Герасименко. – Горки: БГСХА, 2014. – 245 с.
15. Лихацевич, А. П. Мелиорация земель в Беларуси / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, Н. К. Вахонин. – Минск: БелНИИМиЛ, 2001. – 308 с.
16. Рекультивация земель : учеб. пособие / П. Н. Балавко [и др.]. – Рязань: РГТУ, 2015. – 109 с.
17. Кодекс Респубки Беларусь о земле от 04.01.1999 г. № 226-3 / Сб. нормативных правовых актов Респ. Беларусь. – Минск: Беларус. навука, 2003. – С. 49–111.
18. Маслов, Б. С. Мелиорация вод и земель / Б. С. Маслов. – Минск: Попирек, 2000. – 251 с.
19. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. – Минск: Минсктиппроект, 2006. – 106 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ВВЕДЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИЮ.....	5
1.1. Общие сведения о мелиорации почв.....	5
1.2. Классификация мелиораций и их комплексность.....	8
1.3. Виды объектов мелиорации, водного хозяйства и обустройства сельских территорий.....	11
1.4. Особенности мелиорации земель в Республике Беларусь.....	12
1.5. Основные почвообразовательные процессы.....	14
1.6. Классификация почв по видам мелиораций.....	16
2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ И УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ.....	22
2.1. Элементы сельскохозяйственной гидрологии.....	22
2.2. Почвенная влага.....	27
2.2.1. Физические свойства почвы.....	27
2.2.2. Водные свойства почвы.....	31
2.3. Водный баланс территории.....	34
3. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ.....	39
3.1. Избыточно увлажненные почвы как объект мелиорации.....	39
3.1.1. Виды переувлажненных почв.....	39
3.1.2. Цель и условия применения осушительных мелиораций.....	44
3.1.3. Причины переувлажнения земель.....	46
3.1.4. Типы водного питания переувлажненных земель.....	47
3.2. Сущность и условия применения осушительных мелиораций.....	49
3.2.1. Роль водного режима в жизнедеятельности растений.....	49
3.2.2. Режим осушения.....	52
3.2.3. Методы и способы осушения земель.....	56
3.2.4. Мелиоративные системы и их элементы.....	59
3.3. Осушение почв открытой регулирующей сетью.....	63
3.4. Осушение почв закрытой регулирующей сетью.....	66
3.4.1. Виды дренажа и условия его применения.....	66
3.4.2. Определение основных параметров закрытой регулирующей сети.....	70
3.4.3. Расположение закрытой осушительной сети на плане.....	73
3.5. Особенности осушения тяжелых по гранулометрическому составу почв.....	76
3.6. Специальные виды осушения.....	83
3.6.1. Пальдерные осушительные системы.....	83
3.6.2. Вертикальный дренаж.....	87
3.6.3. Особые виды осушения.....	89
3.7. Проводящая и ограждающая сети и их увязка в вертикальной плоскости.....	100
3.8. Водоприемники осушительных систем.....	102
3.9. Осушительно-увлажнительные системы.....	106
3.10. Гидротехнические сооружения и дороги на осушительной и осушительно-увлажнительной системах.....	111
3.11. Эксплуатация осушительных систем.....	119
4. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ.....	121
4.1. Общие сведения об орошении.....	121
4.1.1. Потребность в орошении и его распространение.....	121
4.1.2. Основные виды и способы оросительных мелиораций.....	123
4.1.3. Оросительные системы.....	127
4.1.4. Водопотребление сельскохозяйственных культур.....	130

4.2. Режим орошения сельскохозяйственных культур .....	135
4.2.1. Классификация режимов орошения .....	135
4.2.2. Элементы режима орошения.....	139
4.2.3. Режимы поливов специального назначения.....	146
4.3. Способы и техника орошения .....	153
4.3.1. Орошение дождеванием .....	153
4.3.2. Поверхностные самотечные поливы .....	168
4.4. Ресурсосберегающие способы и технологии орошения.....	176
4.5. Поливы в особых условиях.....	184
4.6. Сооружения, дороги и защитные лесные насаждения.....	189
4.7. Эксплуатация оросительной системы.....	192
<b>5. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ВИДЫ МЕЛИОРАЦИЙ .....</b>	<b>194</b>
5.1. Культуртехнические мелиорации .....	194
5.1.1. Развитие культуртехнические .....	194
5.1.2. Культуртехническая карта.....	195
5.1.3. Технология и механизация культуртехнических работ .....	197
5.2. Рекультивация земель .....	203
5.2.1. Виды нарушенных земель .....	203
5.2.2. Этапы рекультивации и использование рекультивируемых земель .....	204
5.2.3. Очередность выполнения работ.....	206
5.2.4. Освоение выработанных торфяников.....	208
5.3. Противоэрозионные мелиорации .....	209
5.4. Химическая мелиорация .....	214
5.5. Мелиорация рельефа .....	218
5.6. Структурная мелиорация .....	220
5.7. Особые виды мелиораций.....	222
5.8. Сельскохозяйственное освоение мелиорированных земель .....	223
5.8.1. Принципы использования мелиорированных угодий .....	223
5.8.2. Приемы снижения загрязнения радионуклидами сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях.....	225
<b>6. МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....</b>	<b>227</b>
6.1. Проблема охраны окружающей среды .....	227
6.2. Влияние мелиорации на окружающую среду.....	228
6.3. Природоохранные мероприятия в условиях мелиорации .....	229
<b>7. ПЛАНИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ .....</b>	<b>232</b>
7.1. Мелиоративный фонд Республики Беларусь и его освоение.....	232
7.2. Качественная оценка земель мелиоративного фонда .....	233
7.3. Планирование и организация мелиоративных работ.....	236
7.4. Экономическое обоснование мелиорации почв .....	241
7.5. Основные направления развития и научно-технического прогресса в мелиорации земель.....	243
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>245</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>248</b>

