

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

В. И. Желязко

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений, обеспечивающих получение
высшего образования I ступени по специальности
1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ*

Горки
БГСХА
2021

УДК 631.6(075.8)

ББК 40.6я7

Ж50

*Рекомендовано методической комиссией
мелиоративно-строительного факультета 15.06.2020 (протокол № 10)
и Научно-методическим советом БГСХА 25.06.2020 (протокол № 10)*

Автор:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. И. Желязко*

Рецензенты:

доктор географических наук, профессор *А. А. Волчек*;
директор Проектно-исследовательского республиканского унитарного
предприятия «Белгипроводхоз» *О. А. Батушко*

Желязко, В. И.

Ж50 Сельскохозяйственные мелиорации : учебно-методическое
пособие / В. И. Желязко. – Горки : БГСХА, 2021. – 364 с.
ISBN 978-985-882-104-3.

Приведены общие понятия о мелиорации почв, показано ее влияние на развитие сельскохозяйственного производства, повышение социально-экономического и экологического потенциала агроландшафтов, создание ландшафтов с высоким плодородием почв.

Большое внимание уделено составлению схем внутрихозяйственной осушительно-увлажнительной и оросительной сетей, проведению культуртехнических мероприятий, организации мелиорируемой территории, разработке мероприятий по борьбе с водной эрозией и организации поверхностного стока.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

УДК 631.6(075.8)

ББК 40.6я7

ISBN 978-985-882-104-3

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2021

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие разработано в соответствии с учебной программой по дисциплине «Сельскохозяйственные мелиорации» для учреждений, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

При изложении материала авторы опирались на систематизированные сведения, которые имеются в учебных пособиях подобного типа с учетом региональных особенностей и наиболее значимых научных достижений в данной области на современном этапе.

Цель изучения дисциплины «Сельскохозяйственные мелиорации» – формирование знаний, умений и профессиональных компетенций по теоретическим основам и методам проектирования совершенных мелиоративных систем, развитие и закрепление академических и социально-личностных компетенций.

Основными задачами учебной дисциплины являются:

- выявление роли и ресурсов мелиорации земель в сельскохозяйственном производстве, социально-экономическом ее значении, объективной потребности в ней;
- обоснование рациональных видов, методов и способов мелиорации в разных природно-хозяйственных условиях;
- приобретение практических навыков проектирования и расчетов мелиоративных систем, а также основ использования мелиорируемых земель.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- историю развития отечественной мелиорации, ее современное состояние и перспективы развития, мелиоративный фонд, потребность и эффективность мелиораций;
- виды мелиораций, методы и способы осушительных, оросительных, культуртехнических и других видов мелиорации;
- основы проектирования мелиоративных систем;
- принципы и способы рационального использования земельных и водных ресурсов при мелиорации с учетом экологических требований;
- основные законодательные и нормативные материалы по обоснованию, проектированию, расчету мелиоративных систем и использованию мелиорируемых земель;

уметь:

- обосновывать природно-хозяйственную и социально-экономическую необходимость мелиорации земель;
- применять современные методы проектирования и расчета мелиоративных систем;
- выбирать рациональные энерго-ресурсосберегающие мелиоративные системы и их элементы;
- обосновывать мероприятия по освоению мелиорируемых земель;
- применять технологические программы расчета параметров мелиоративных систем на ЭВМ;

владеть:

- способами расчета параметров мелиоративных систем;
- способами определения гидрологических характеристик осушительных, осушительно-увлажнительных, оросительных и других систем;
- технико-экономическим обоснованием проектируемых мероприятий.

Базовыми учебными дисциплинами, обеспечивающими успешное освоение учебной дисциплины «Сельскохозяйственные мелиорации», являются: «Основы геодезии», «Гидравлика и гидропривод», «Высшая математика». Знания, полученные студентами в процессе изучения учебной дисциплины «Сельскохозяйственные мелиорации», необходимы при изучении такой учебной дисциплины, как «Технология и организация мелиоративного и водохозяйственного строительства», а также при работе над дипломными проектами и в последующей производственной деятельности специалиста.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕЛИОРАЦИИ

1.1. Сущность мелиорации земель

В современных условиях ресурсы продовольствия в основном создаются в трех отраслях народного хозяйства: сельском, рыбном и лесном. Практически монопольными источниками продовольствия являются земля, вода и лес как объекты целенаправленной человеческой деятельности. 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, чтобы обеспечить и улучшить условия проживания человека.

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 путем воздействия 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 (согласно ТКП 45-3.04-8 – 2005 «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования») мелиорация – это отрасль народного хозяй-

ства, занимающаяся коренным улучшением земель, грунтов и неблагоприятных природных условий для различных хозяйственных, природоохранных и других целей.

1.2. Мелиоративный фонд и особенности мелиорации в Республике Беларусь

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

В целом мелиоративный фонд Республики Беларусь (к нему относятся 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.

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.

На 1 января 2015 г. в структуре земельных ресурсов Беларуси земли сельскохозяйственного назначения занимали 43,9 %, земли лесного фонда – 45 %, земли запаса – 1,5 %, земли водного фонда – 2,3 %, земли природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения – 5,1 %. В структуре сельскохозяйственных земель удельный вес пахотных земель составляет 65,6 %, луговыми землями занято 32,9 %, под постоянными культурами находится 1,4 %.

Беларусь входит в число первых 20 стран мира по величине доли пахотных земель на одного человека, которая составляет 0,60 га. Доля сельскохозяйственных земель в целом на одного человека составляет

0,91 га. Площадь средостабилизирующих видов земель (естественные луговые, лесные земли, земли под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями), болотами, водными объектами), формирующих природный каркас страны, составляет 11,62 млн. га, или 56 % от площади страны. Площадь природных территорий, подлежащих особой и (или) специальной охране, составляет более 4,7 млн. га, или более 22 % от площади страны.

Площадь осушенных земель в республике составляет 3,41 млн. га, в том числе сельскохозяйственных – 2,88 млн. га, лесных – 311,2 тыс. га. Закрытым дренажем осушено 2,2 млн. га, с двухсторонним регулированием водного режима – 0,75 и польдерных – 0,25 млн. га. В составе осушенных сельскохозяйственных земель торфяные почвы занимают 1068,2 тыс. га, или 36,7 %, из них 122,2 тыс. га передано сельскому хозяйству после рекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений с остаточным слоем торфа не менее 50 см.

Для обеспечения проектных норм осушения используется сложный комплекс гидротехнических и других сооружений. Протяженность открытых каналов и водоприемников составляет 158 тыс. км, а закрытой дренажной сети – 977 тыс. км. Построено 84,7 тыс. гидротехнических сооружений, 4,8 км защитных и ограждающих дамб, 17,8 тыс. км эксплуатационных дорог.

Основная часть мелиорированных земель (63 %) приходится на Брестскую, Гомельскую и Минскую области. В 15 районах республики мелиорированные земли занимают более 50 % сельскохозяйственных земель и обеспечивают производство основной доли продукции растениеводства. На 01.01.2016 г. нуждались в реконструкции мелиоративные системы на площади 357 тыс. га.

В 2020 г. был обеспечен ввод в эксплуатацию 179 тыс. га реконструированных мелиоративных систем и 10 тыс. га мелиорированных земель. Поддержание оптимального водного режима для сельскохозяйственных культур было обеспечено на площади 2,64 млн. га.

Площадь затопления в период весенних половодий бассейна р. Припять составляет около 520 тыс. га, где расположено 342 населенных пункта. В среднем на затопляемых территориях урожайность сельскохозяйственных культур составляет 50–75 %, а себестоимость продукции на 20–50 % больше.

Начато системное строительство инженерных сооружений по защите сельскохозяйственных земель и населенных пунктов от затопле-

ния. В результате за 2010–2015 гг. было защищено 20,7 тыс. га сельскохозяйственных земель, или 30 % от необходимых объемов, к 2020 г. – 42,5 тыс. га.

Существенный ущерб почвам наносит эрозия. По данным Национальной академии наук Беларуси, эрозионным процессам почв подвержены более 500 тыс. га земель, что составляет более 5 % от площади сельскохозяйственных земель. Дефляционно-опасными являются почвы пахотных земель на площади около 30 %. При этом урожайность сельскохозяйственных культур на эродированных землях снижается на 5–60 %.

Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 гг., принятой на пятом Всебелорусском народном собрании 23 июня 2016 г., предусматривается снижение выброса загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты. Поставлена задача повышения эффективности использования природных ресурсов, максимального вовлечения отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья со снижением негативного воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду.

С целью сохранения биологического и ландшафтного разнообразия планируется восстановление численности редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных и дикорастущих растений.

В области землепользования главный акцент сделан на реализацию Национального плана действий по предотвращению деградации земель на 2016–2020 гг. Экономический компонент устойчивого использования земельных ресурсов дополнился завершением второго тура кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения.

Направлениями рационального использования и охраны водных ресурсов стало сокращение загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами, внедрение прогрессивных энерго- и ресурсосберегающих технологических процессов, а также совершенствование механизма возмещения вреда, причиненного водным объектам.

Внедрение современных технологий и технических средств в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды позволило обеспечить потребности населения и государственных органов в качественных прогнозах и защитить общество и государство от опасных природных явлений.

Основными направлениями развития и научно-технического про-

гресса в мелиорации земель в Республике Беларусь на современном этапе следует считать совершенствование эксплуатации исправно функционирующих и реконструкцию (модернизацию) технически устаревших мелиоративных систем или их отдельных элементов, а также восстановление вышедших из строя, неработающих систем. Эти работы требуют дополнения мероприятиями по охране окружающей среды. Строительство новых объектов будет проводиться в ограниченных объемах, необходимых для выполнения общегосударственных или целевых программ, компенсации выбывающих сельскохозяйственных угодий 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 и регулирование поверхностного стока, агромелиорации, культуртехника и др.).

Для восстановления и сохранения в Республике Беларусь мелиоративных систем, роста продуктивности мелиорируемых земель, эффективности производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции, охраны почв и почвенного покрова от деградации, а водных источников от истощения и загрязнения, создания благоприятной среды обитания сельского населения предусмотрен комплекс мероприятий, обеспечивающих:

- сохранение и восстановление вышедших из строя мелиоративных систем с потенциально плодородными почвами;
- создание зональных систем мелиоративного земледелия и луговодства, позволяющих использовать интенсивные технически возделываемые сельскохозяйственные культуры;
- приоритетное развитие на осушаемых землях интенсивного луговодства и, прежде всего, на территориях с преобладанием торфяных почв;
- повышение уровня эксплуатации мелиоративных систем как гаранта устойчивости мелиоративного земледелия и луговодства;
- реконструкцию мелиоративных систем и др.

1.3. Краткий исторический обзор развития мелиорации

Интенсивность воздействия человека на окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности возрастала в ходе эволюции человечества. Искусственное *орошение* как вид мелиорации стали приме-

нять 3–4 тыс. лет до нашей эры в Египте, Китае, Ираке и Индии. В Ираке, в долине рек Тигра и Евфрата, до наших дней сохранились остатки древнейшего оросительного канала Нарван, сооружение которого относится к периоду существования одной из самых древних цивилизаций. 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.

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 в 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.

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. До 1829 г. там было осушено еще 500 га земельных угодий под огороды и луга.

Интерес к развитию осушения земель усилился 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 и проводившая работы в центральных губерниях и на 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 ка-

нала Огинского протяженностью 54 км, который соединил реки Припять и Неман. Строительство Днепровско-Бугского канала протяженностью 196 км началось в 1775 г. и продолжалось почти 68 лет. Каналы строили в основном для навигации и лесосплава.

Самые большие мелиоративные работы по тем временам выполнены Западной экспедицией. 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 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 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 млн. рублей, в то время как в США – 167,8, а в Англии – 129,9 млн. рублей.

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. Для развития сельскохозяйственной отрасли Беларуси необходимы меры государственного масштаба, позволяющие повысить продуктивность сельскохозяйственных угодий, увеличить объемы сельскохозяйственного производства.

1.4. Классификации мелиораций и их комплексность

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

Применительно к условиям Беларуси, в зависимости от задач, которые решаются при проведении сельскохозяйственных мелиораций, они обычно подразделяются на следующие основные типы (подтипы): гидротехнические мелиорации (гидромелиорации), агромелиорации, культуртехнические мелиорации, почвозащитные (борьба с водной и ветровой эрозией почв), химические мелиорации, 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: на юге развивается орошение и обводнение, на севере – осушение. Однако такое распределение условно. С изменением потребностей и экономических возможностей общественного производства меняется характер проводимых гидротехнических мелиораций.

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 водопроницаемостью 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 сельско-

хозяйственной 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.

1.5. Планирование и организация мелиоративных работ в Республике Беларусь

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 соблюдением 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 осуществляется Президентом и 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 и 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 взаимосвязан-

ных 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 видов.

Основные из них – это подготовительные работы и рекогностировочное 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 определяют итоговое качество. Ошибочные или неполные данные изысканий неизбежно приводят к некачественному проектированию и строительству.

Проектирование строительства и реконструкции мелиоративных систем и сооружений, рекультивации нарушенных земель осуществляется специализированными проектными организациями, получившими в установленном законодательством порядке специальную лицензию (разрешение) на выполнение соответствующих видов работ.

Порядок разработки и утверждения проектной документации по мелиорации земель устанавливается Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь по согласованию с Мини-

стерством лесного хозяйства 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 и 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 тысяч базовых величин осуществляется на основании договора строительного подряда, а более – только на тендерной основе. Основными критериями выбора победителя подрядных торгов является 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 строительству 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 по договорам (на эффективное использование мелиорированных земель) с предприятиями мелиоративной отрасли или своими силами.

Финансирование мелиорации и рекультивации земель проводится 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 Республики Беларусь. С этой целью разрабатываются 5-летние Республиканские программы «Сохранение и использование мелиорированных земель». Персональная ответственность за обеспечение выполнения мероприятий данной программы возложена на Министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и председателей облисполкомов.

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О мелиорации земель» № 423-3 от 23 июля 2008 г. размещение и строительство зданий и сооружений на мелиорируемых (мелиорированных) землях, а также осуществление хозяйственной и иной деятельности не должны ухудшать водный, воздушный, питательный режимы 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 двух метров на водоприемниках и магистральных каналах и одного метра 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, являющихся источником питания водных объектов.

Законодательными актами могут быть предусмотрены и другие запреты и ограничения на проведение мелиорации земель.

Юридические и физические лица, причинившие незаконными действиями ущерб мелиоративным системам и сооружениям и тем самым имуществу других собственников, обязаны возместить его в полном объеме, включая упущенную выгоду.

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. Перечислите особенности мелиорации земель Белорусского Полесья и Балтийского региона.

5. Приведите классификацию почв по степени эродированности и окультуренности.

2. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ И ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

2.1. Цель и условия применения осушительных мелиораций

Осушение земель – это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение и ликвидацию неблагоприятного влияния воды на хозяйственную деятельность.

Площадь осушаемых земель в мире (по разным оценкам) составляет 180–210 млн. га ($\frac{2}{3}$ приходится на Европу, Северную Америку и 50 млн. га – на Азию). Наибольшая площадь осушенных земель в США (60 млн. га). В Англии в осушенном состоянии находится более $\frac{1}{2}$ 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, к настоящему времени осушено 3,41 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 оно 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 изменяет социально-экономические условия проживания населения в зонах избыточного увлажнения. После осушения переувлажненных территорий, кроме

получения под сельскохозяйственные угодья дополнительных площадей, появляется возможность развития транспортных путей, улучшения соцкультбыта и перспективного обустройства населенных пунктов. За счет осушенных 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 отвести 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 путем применения 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, противозерозивные 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 отличается постоянно 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 высокие урожаи получены 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.

2.2. Виды земель, подлежащих осушению

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 превышает 50 %.

Минеральные почвы в мелиоративном фонде составляют около 63 % и сконцентрированы в основном в Витебской, Гродненской и Могилевской областях. За счет проведения комплекса гидротехнических (осушительных), агро-мелиоративных 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 следствие 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, необходимо осушать и дерновые переувлажненные почвы. Среди этих видов почв преобладают дерново-

глеевые, использование которых без осушения имеет ограниченные размеры.

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.

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. Во всех областях, за исключением Гродненской, наиболее широко распространены деградированные торфяные почвы (торфяно-минеральные, остаточнo-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 составила в республике в 2000 г. 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 приблизительно 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 выработки 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 составляет немногим более 1,5 млн. га и приурочена к территории Гомельской (55 %) и Могилевской (28 %) областей.

2.3. Болота и заболоченные земли

Под болотом следует понимать участок земли, находящийся постоянно или периодически в состоянии избыточного увлажнения и покрытый специфической влаголюбивой растительностью, на котором начался процесс торфообразования.

Торф образуется в результате отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности и затрудненного доступа воздуха.

В зависимости от характера заболачивания, водного питания, растительного покрова и свойств торфа болота подразделяются на низинные, верховые и переходные. В Беларуси преобладают торфяно-болотные почвы низинного типа.

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 колеблется 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 незначительное 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 (мезотрофные) формируются в условиях, при которых нарастающая 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.

К причинам заболачивания относят: подзолообразовательный процесс; дерновый период почвообразования; зарастание водоемов; выход грунтовых вод на дневную поверхность; разлив рек или приток воды с вышерасположенных водосборов. Их достаточно подробно рассматривают в курсе мелиоративного почвоведения.

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 исчисляется в среднем 5–35 %.

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 о том, 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.

Осадку торфа можно определить по формулам, предложенным ВНИИИГиМ:

– для низинных болот –

$$H_o = 0,18кH^{0,35}h_k^{0,64}; \quad (2.1)$$

– для верховых болот –

$$H_o = 0,16кH^{0,52}h_k^{0,63}, \quad (2.2)$$

где H_o – осадка торфа у бровки канала, м;

$к$ – коэффициент, зависящий от плотности торфа ($к = 1,0–5,4$);

H – первоначальная мощность торфяной залежи, м;

h_k – глубина канала, м.

Сработка торфяной залежи, вызванная освоением земель, принимается приблизительно равной 0,8–3,0 см в год в зависимости от характера использования почв и мощности торфяной залежи.

Для ориентировочных расчетов величину осадки плотного торфа можно принять равной 10–15 % глубины канала, для рыхлого – до 30–40 %. Величину сработки торфа за период эксплуатации системы до ее реконструкции принимают равной не более 30 см.

2.4. Водно-физические свойства почв

Физические свойства почвы во многом определяются ее структу-

рой, которая устанавливается по форме и размеру комочков (структурных отдельностей или агрегатов) и по характеру их поверхности.

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

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 натрием. 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 следующие фракции: песчаную (более 0,05 мм), крупнопылеватую (0,05–0,01 мм), пылеватую (0,01–0,001 мм) и иловатую (менее 0,001 мм).

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.

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/см³. В почвах тяжелого гранулометрического состава она больше. С увеличением содержания органического вещества в почве плотность уменьшается.

Средние значения плотности твердой фазы суглинистых почв на легких и средних суглинках в пахотном слое, как песчаных и супесчаных, равны 2,62 г/см³. Начиная примерно с глубины 20 см, плотность возрастает до 2,62–2,69 г/см³.

Наибольшая плотность у почв тяжелого механического 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/см³. В самых верхних горизонтах она достигает 1,62–1,64 г/см³, а в сильно минерализованных торфах – 1,80–2,00 г/см³ и более.

Плотность торфяно-глеевых почв несколько больше, чем торфяных. Она равна в пахотном горизонте 1,64 г/см³. Крайние значения плотности этих почв – 1,52 и 1,70 г/см³. Торфяные почвы более мощные, в них четко прослеживается тенденция уменьшения величин плотности с глубиной.

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 водопроницаемость. 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 оптимальная плотность пахотного горизонта составляет 1,20–1,35 г/см³. При повышении плотности число корней растений заметно уменьшается.

Малые значения объемной массы имеют торфяные почвы. Для этих почв она изменяется в пределах от 0,10 до 0,46 г/см³. Объемная масса

торфяных почв наибольшая в пахотном слое, и средняя величина ее составляет $0,28 \text{ г/см}^3$. Накопление зольных элементов при разложении торфа увеличивает объемную массу до $0,46 \text{ г/см}^3$ и даже несколько больше.

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

$$p = \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_{т.ф}} \right) 100, \quad (2.3)$$

где p – порозность почвы, % объема почвы;

γ – объемная масса (плотность) почвы, г/см^3 ;

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

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, а наименьшая – у песчаных и оглеенных. 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.

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

Химически связанная вода входит в состав ряда веществ почвы, не принимает участия в физических процессах и не испаряется при температуре $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Физически связанная вода делится на гигроскопическую (адсорбируемую почвой пары 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 капельно-жидкой 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 водоупоре.

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

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

$$\beta = (m_v / m_c) 100 \% . \quad (2.4)$$

Относительная влажность почвы β_0 (%) – это отношение абсолютной влажности β к какой-либо другой водно-физической константе почвы, например, к наименьшей влагоемкости почвы (НВ).

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

$$W = 100h\alpha\beta, \quad (2.5)$$

где α – объемная масса почвы или ее плотность в естественном состоянии, т/м³.

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. Она определяется свойствами не 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. Она равна пористости почвы P . Зная P (в процентах от объема почвы) и ее объемную массу или плотность α ($\text{г}/\text{см}^3$), можно определить $\text{ПВ} = P / \alpha$ (процент от массы сухой почвы).

Водоотдача μ – свойство почвы отдавать гравитационную воду путем стекания. Количественно водоотдача

$$\mu = \text{ПВ} - \text{НВ}. \quad (2.6)$$

Отношение объема свободно вытекающей из почвогрунта воды W (м^3) к объему почвогрунта V (м^3) 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 больше, 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 впитывания воды в почву в момент времени t при меняющейся глубине просачивания можно определить по формуле

$$K_t = \frac{K_1}{t^\alpha}, \quad (2.7)$$

где K_t – скорость впитывания в момент времени t , м/ч;

K_1 – скорость впитывания в конце первой единицы времени, м/ч;

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

В расчетах техники полива применяется средняя скорость $K_{\text{ср}}$ за период впитывания поливной нормы t :

$$K_{\text{ср}} = K_0 / t^a, \quad (2.8)$$

где K_0 – средняя за первый час скорость впитывания, м/ч.

Скорость впитывания V во времени постепенно убывает, приближаясь 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, проходящем 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:

$$W = K\omega th / l, \quad (2.9)$$

где W – объем воды, см³;

K – коэффициент фильтрации, см/с;

ω – площадь живого сечения, см²;

t – время фильтрации, с;

h – (напор) разность уровней воды в начале и конце пути фильтрации, см;

l – длина пути фильтрации, см.

Отношение h / l называется градиентом напора i , или гидравлическим уклоном.

Учитывая, что расход воды $Q = W / t$ (см³/с), а скорость ее движения $V = Q / \omega$ (см/с), получим, что скорость фильтрации

$$V = Ki. \quad (2.10)$$

Эта зависимость представляет основной закон фильтрации, или закон Дарси, который показывает, что для данного грунта с коэффициентом фильтрации K скорость фильтрации прямо пропорциональна гидравлическому уклону i .

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите виды земель по степени увлажненности.
2. Перечислите основные причины заболачивания земель.
3. Дайте определение понятию «болото».
4. Приведите классификацию торфяных почв.
5. Назовите принципы выбора объектов для осушения.
6. От чего зависит величина осадки и сработки торфа?
7. Какие показатели определяют водные свойства почвы?
8. Как рассчитать влагозапасы в слое почвы?
9. Для каких целей используется показатель «водоотдача почвы»?
10. Что называют коэффициентом фильтрации почвы?

3. ТРЕБОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К ВОДНОМУ РЕЖИМУ ПОЧВЫ

3.1. Водный баланс участка земли

Нормальное развитие растений возможно только при условиях, создаваемых благоприятным сочетанием основных факторов их жизни – освещенностью, температурой окружающей среды, содержанием в ней влаги и элементов 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 самих растений.

Так, содержание воды в почве существенным образом влияет на содержание воды в растении, температуру почвы и растительных органов, интенсивность поступления элементов минерального питания в растения. 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 разложение 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 сельскохозяйственного производства 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.

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 ($\text{м}^3/\text{га}$) 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).

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

$$P + Y_{\text{п}} + Y_{\text{в}} - X_{\text{п}} - X_{\text{в}} - E_{\text{в}} - E - M_{\text{от}} - M_{\text{сб}} + W_h + U_{\text{п}} + K_h - J_h = 0, \quad (3.1)$$

где P – атмосферные осадки;

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

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

E – суммарное испарение (эвапотранспирация);

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

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

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

$W_h = W_{h_n} - W_{h_k}$ – изменение влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы толщиной h ;

$W_{h_n} - W_{h_k}$ – 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.

Уравнение (3.1) водного баланса охватывает весь спектр факторов. В конкретных условиях осушаемого массива (рис. 3.1) многие составляющие этого уравнения или могут отсутствовать, или могут быть пренебрежимо малыми, в связи с чем уравнение водного баланса значительно упрощается.

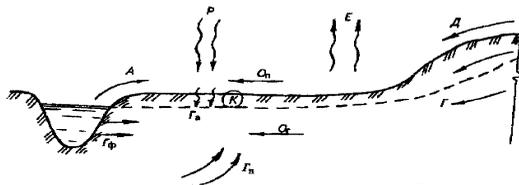


Рис. 3.1. Компоненты водного баланса осушаемой территории

Увеличение (+) или уменьшение (–) запасов влаги (ΔW) на террито-

рии за расчетный период описывается следующим уравнением:

$$\pm\Delta W = (P + A + Д + Г + Г_n + Г_\phi + Г_a + K) - (E + O_n + O_r), \quad (3.2)$$

где А – аллювиальные воды;

Д – делювиальные воды;

Г – грунтовые воды, поступающие с водосбора;

Г_n – грунтово-напорные воды;

Г_φ – грунтовые воды, подпитываемые из реки водоемов;

Г_a – грунтовые воды, формирующиеся за счет инфильтрации;

К – конденсация влаги;

O_n и O_r – отток поверхностных и грунтовых вод.

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

Следует отметить, что чем больше рассматриваемая территория и интервал времени, тем проще уравнение водного баланса. Так, для отдельных территорий (например, бассейн реки) в общем виде оно записывается следующим образом:

$$\pm\Delta W = P - (E + O), \quad (3.3)$$

где O – отток поверхностных и грунтовых вод.

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, являющаяся 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 скоростей 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 – *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 учитываются не только прибавка урожая, полученная от орошения, но и все затраты на полив.

В интервале от *влажности завядания* (ВЗ) растений до влажности, близкой к критической (соответствующей разрыву водных капиллярных связей в почве), растения могут существовать без видимых при-

знаков 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».

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 теплоемкие, имеют большую теплопроводность, 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 формированию 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 почвы. 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 вла-

гой 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, а также 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 их положения. 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 урожайность на 20–40 %, а при затоплении на 3–6 суток урожайность падает на 60–90 %. Если растения в воде находятся 7 суток и более, их урожайность снижается на 80 % и более. 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 2 суток снижает урожай на 19 %, в течение 5 суток – на 66 % и за 7 суток – на 74 %.

3.2. Режим осушения

В сельском хозяйстве под режимом осушения понимается целенаправленное изменение в пространстве (на осушаемой площади) и во времени (в течение года) водного режима почвы с целью создания в течение вегетационного периода в корнеобитаемом слое благоприят-

ного водно-воздушного режима, не ограничивающего водопотребление возделываемых сельскохозяйственных культур и обеспечивающего условия для интенсивного земледелия.

С водным режимом почвы тесно связана тепловлагообеспеченность растений. Изменяя водный режим хорошо удобренных почв, можно активизировать биологическую активность почвы и поступление питательных веществ в растения, улучшать тепловой режим их надземных и подземных органов. При этом важное значение имеет обеспеченность корней воздухом. 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 составляет 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 генетического строения торфяной почвы. В зависимости от вида почв и фазы вегетации для трав, например, он колеблется от 40 до 60 % от общей пористости, для зерновых и корнеплодов он находится в пределах 30–45 %.

Процесс понижения избыточной влажности в корнеобитаемом слое на практике интенсифицируется кроме осушения также с помощью агромелиоративных мероприятий: глубокого рыхления на фоне дренажа, кротования и другими мерами, способствующими переводу избыточной почвенной влаги в дренажный сток.

На тяжелых почвах вертикальный влагообмен незначителен, поэтому основной регулирования водного режима здесь является организация (ускорение) поверхностного стока. Необходимая влажность после сброса поверхностных вод в таких условиях может достигаться путем удаления избытка влаги из пахотного слоя при физическом испарении и транспирации растениями.

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

Главным требованием, предъявляемым к режиму осушения, является создание таких условий в среде обитания растений, при которых обеспечивается получение высоких и устойчивых урожаев сельскохо-

зяйственных 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 было 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 их надземных и подземных органов. Очевидно, что для получения высоких урожаев необходимо добиваться оптимального сочетания этих режимов.

Осушительная система должна обеспечивать:

- проходимость сельскохозяйственной техники при выполнении полевых работ;

- влажность почвы в корнеобитаемом слое в вегетационный период для зерновых культур – от 55 до 75 %; овощей, картофеля и корнеплодов – 60–80 %; трав – 65–85 % полной влагоемкости;

- диапазон колебаний уровней грунтовых вод, необходимый для нормального развития растений в предпосевной и посевной периоды и в период летне-осенних затяжных дождей.

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.

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.

При осуществлении осушительных гидромелиораций значения УГВ для среднесуточных условий экспериментально установлены для различных почв. На основании полученных данных сформулиро-

ваны теоретические требования к режиму осушения. В них нормативной глубиной (нормой осушения) называется расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод, которое обеспечивает в корнеобитаемом слое осушаемых почв благоприятный водный режим и создает условия для эффективной реализации заданной системы земледелия с целью получения проектного урожая.

Норма осушения является основополагающим параметром при проектировании мелиоративных систем. Исходя из нее, а также с учетом метеорологических, гидрологических и гидрогеологических условий, в которых находится объект осушения, устанавливается глубина осушительных каналов, рассчитываются расстояния между дренами и другие параметры мелиоративной системы.

Поддерживать заданную норму осушения на некотором участке в течение длительного времени практически 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 уровня грунтовых вод (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 сельскохозяйственных культур и метеорологических условий.

Понятие «оптимальный диапазон изменения УГВ» вводится вместо традиционно 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 для

возделываемых сельскохозяйственных культур в пределах этого диапазона 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 влаготпасы в почве. 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 ее конце, что в несколько раз превышает пределы колебания традиционно заданных норм осушения.

При расчете расстояния между дренами норму осушения следует принимать:

а) в начале расчетного периода:

предпосевного – на уровне поверхности земли;

летне-осеннего – на 0,20 м меньше глубины заложения дрен;

б) в конце расчетного периода – на расчетном уровне залегания грунтовых вод в предпосевной или вегетационный период с учетом типа почв и сельскохозяйственного использования осушаемых земель (табл. 3.1 и 3.2).

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

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Норма осушения					
	в предпосевной период		в середине вегетационного периода			
			для торфянисто- и торфяно-глеевых почв		для торфяных почв	
Расчетная	Допустимая	Расчетная	Допустимая	Расчетная	Допустимая	
Сенокосные земли	0,4	0,6	0,6	1,0	0,8	1,2
Пастбищные земли	0,5	0,6	0,7	1,0	0,9	1,2
Зернотравяной севооборот с преобладанием зерновых	0,5	0,8	0,8	1,2	1,0	1,4
Зернотравяной севооборот с преобладанием трав	0,5	0,8	0,7	1,1	0,8	1,3

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

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Норма осушения					
	в предпосевной период		в середине вегетационного периода			
			для песчаных и супесчаных почв		для глинистых и суглинистых почв	
	Расчетная	Допустимая	Расчетная	Допустимая	Расчетная	Допустимая
Полевые севообороты	0,4	0,8	0,6	1,2	0,8	1,4
Кормовые севообороты с преобладанием трав	0,4	0,7	0,7	1,1	0,8	1,2
Кормовые севообороты с преобладанием пропашных	0,5	0,8	0,8	1,2	0,9	1,3
Пастбищные земли	0,4	0,7	0,7	1,0	0,8	1,1
Сенокосные земли	0,3	0,7	0,6	0,9	0,7	1,1

Сроки, в течение которых уровень грунтовых вод опускается до нормы осушения, следует принимать:

- в весенний период: под пахотные и пастбищные земли – 10 сут; под сенокосные земли – 15 сут;
- в летне-осенний период – по табл. 3.3.

Таблица 3.3. Сроки отвода избыточных вод

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель (севообороты)	Сроки отвода избыточных вод			
	с поверхности почвы	из пахотного слоя (до 0,25 м)	из корнеобитаемого слоя (до 0,5 м)	до нормы осушения
Полевые с озимыми	0,5	1,0	4,0	10
Полевые без озимых, кормовые, овощные	0,8	1,5	5,0	10
Пастбищные земли	1,0	2,0	5,0	10
Сенокосные земли	1,5	3,0	8,0	15

Сроки отвода избыточных вод в вегетационный период с поверхности земли и корнеобитаемого слоя во время дождевых паводков следует принимать по табл. 3.4.

Эти сроки (табл. 3.3 и 3.4) положены в основу расчета регулирующей осушительной сети, которая должна удалить избыток воды за указанное время.

Таблица 3.4. Допустимая продолжительность затопления многолетних трав весенними половодьями 10%-й обеспеченности

Вид луговых трав	Предельный срок затопления, сут
Клевер красный, клевер белый, овсяница красная, ежа сборная	10
Тимофеевка луговая, овсяница луговая, мятлик луговой, клевер розовый, люцерна	15
Лисохвост луговой, костер безостый, пырей ползучий	25
Полевица белая, мятлик болотный	30
Бекмания обыкновенная	40
Канареечник тростниковый	60

3.3. Типы водного питания и причины избыточного увлажнения

Причины переувлажнения земель принято делить на две группы. Первая группа включает зональные причины, а вторая – местные.

К зональным причинам относится 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 создает условия для развития болотной растительности. 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 и 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 выполнить требуемые для сельскохозяйственных культур агротехнические мероприятия на полях севооборотов.

В зависимости от причин избыточного увлажнения на осушаемом массиве необходимо предусматривать:

- защиту от поступления поверхностных и грунтовых (грунтово-напорных) вод с прилегающей водосборной площади;
- защиту от затопления и подтопления паводковыми водами водоемов и водотоков;
- отвод поверхностного стока на осушаемом массиве;
- понижение уровней свободной поверхности грунтовых вод и пьезометрических уровней на осушаемом массиве.

Типы водного питания переувлажненных земель являются обобщенной мелиоративной характеристикой, которая устанавливает основные источники, обуславливающие переувлажнение земель. Они синтезируют в себе климатические, геологические, гидрогеологические, геоморфологические, почвенно-литологические и другие условия местности и используются как обобщенный показатель, характеризующий путь поступления воды на переувлажняемую территорию.

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

В зависимости от типа водного питания объекта устанавливают метод и способ осушения земель, а следовательно, и основные параметры осушительной системы.

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 водном питании* основным источником избыточной влаги являются атмосферные осадки, выпадающие непосредственно на переувлажненную территорию. Этот тип водного питания

характерен для земель, расположенных на плоских водоразделах, в верхних частях склонов с малыми уклонами поверхности земли и слабопроницаемыми почвами. Грунтовые воды обычно находятся глубоко и не имеют связи с верхними слоями почвы (рис. 3.2, а).

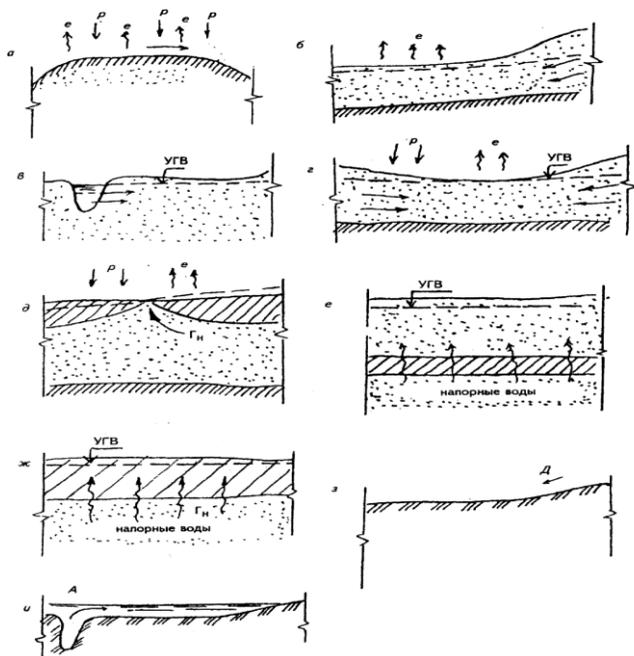


Рис. 3.2. Типы водного питания:

- a* – атмосферный; *б* – грунтовый с притоком воды со смежных территорий; *в* – то же со стороны водотока;
- г* – бассейн грунтовых вод; *д* – грунтово-напорный с выклиниванием грунтовых вод;
- е* – то же с подпитыванием грунтовых вод;
- ж* – то же с капиллярным подпитыванием;
- з* – склоновое; *и* – намывное

При *грунтовом водном питании* высокое стояние уровня воды в грунте препятствует обработке земель и выращиванию сельскохозяйственных культур. В зависимости от того как сформированы грунтовые воды на объекте, выделяют три подтипа этого водного питания.

Первый – приток грунтовых вод со смежных площадей. Поток

грунтовых вод формируется за пределами объекта и, перемещаясь к нему, вызывает подъем уровней, способствуя переувлажнению территории (рис. 3.2, б).

Второй подтип – приток грунтовых вод из водохранилищ, рек при высоком стоянии в них уровней воды, препятствующих оттоку грунтовых вод с переувлажняемой территории (рис. 3.2, в). Такой подтип образуется в результате искусственного подъема уровня воды в водотоках и водоемах. Такими водами питаются также переувлажненные равнинные территории, расположенные около естественных водоемов.

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 (рис. 3.2, г). 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 водном питании* на переувлажненную территорию воды поступают по водоносному пласту, заключенному между слабопроницаемыми 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 (рис. 3.2, д). Если на верхнем водоупорном слое имеется переувлажненный слой с грунтовым водным питанием, то он может подпитываться за счет напорных вод через слабопроницаемую толщу (рис. 3.2, е). Третий подтип характеризуется переувлажнением слабопроницаемых почвогрунтов за счет капиллярного поднятия под напором грунтовых вод (рис. 3.2, ж).

Переувлажнение земель при *склоновом водном питании* (намывное делювиальное) происходит в результате поступления поверхностных

вод со склонов водосбора, примыкающего к объекту осушения. Такое водное питание имеют заболоченные земли на склонах, сложенных слабопроницаемыми грунтами (рис. 3.2, з).

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 (рис. 3.2, и).

В пределах одного массива может быть несколько типов водного питания (смешанный тип). В данном случае при назначении необходимых мелиоративных мероприятий исходят из основного типа водного питания, определяемого на основе водного баланса переувлажненных земель.

Количественную оценку источников переувлажнения земель устанавливают на основании водного баланса данной территории, который определяют по уравнению, составляемому для участков земли, ограниченных (в разрезе) поверхностью земли, нижней границей корнеобитаемого слоя, уровнем грунтовых вод или водоупором. При этом получают соответственно балансы поверхностных вод, подземных вод, зоны аэрации и территории в целом.

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.

3.4. Методы и способы осушения земель

Под методом осушения земель понимают основной принцип воздействия на неблагоприятный водный режим переувлажненных земель с целью преобразования его в оптимальный для их хозяйственного использования.

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 понижение 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 земель – совокупность конкретных гидротехнических, гидромелиоративных, агро-мелиоративных, агротехнических и других мероприятий, ликвидирующих причины заболачивания земель и создающих в корнеобитаемом слое почвы оптимальный водно-воздушный режим. При выборе или разработке способа осушения необходимо учитывать его экономичность, экологическую безопасность и возможность технического исполнения.

В зависимости от принятых методов осушения на одном объекте, как правило, применяются обычно два и более способа осушения в различных сочетаниях. 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) польдерные 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. Сочетает в себе несколько ранее названных способов. Наиболее часто эта комбинация состоит из закрытого дренажа, оградительной сети, других сооружений (колодцы-поглотители, ложбины стока и др.), повышающих эффект осушения земель.

Главным требованием, предъявляемым 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 значительно 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 влагой 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, агромелиоративные, культуртехнические, природоохранные мероприятия и ряд других операций, позволяющих достичь поставленной цели при осушении земель.

Основные методы и способы осушения приведены в табл. 3.5.

Открытая регулирующая сеть должна проектироваться:

- для предварительного осушения массива (перед строительством дренажа);
- на первом этапе осушения (при зарастании территории более чем на 30 % кустарником и мелколесем; при контурности более 50 контуров на 100 га сельхозугодий);
- при содержании более 8 мг/л закисного железа в грунтовых водах осушаемого массива;

- при осушении торфовыработок карьерного типа, рекультивируемых для использования в сельском хозяйстве;
- при осушении территории под сенокосные угодья;
- при осушении территории с интенсивным грунтово-напорным питанием;
- при осушении площадей для заготовки торфа на удобрения;
- при осушении лесов;
- при содержании не менее 2 % камня размером свыше 30 см в верхнем слое грунта толщиной 1 м.

Таблица 3.5. Методы и способы осушения земель

Метод осушения земель	Способ осушения земель	Тип водного питания
Понижение уровней грунтовых и грунтово-напорных вод	Устройство каналов (осушителей), закрытый материальный дренаж (систематический или выборочный), вертикальный дренаж, разгрузочные скважины, фашинный дренаж	Атмосферно-грунтовый, грунтово-напорный
Ускорение (регулирование) стока поверхностных вод собственного водосбора	Устройство открытых каналов (собираелей), ложбин стока, воронок, водопоглощающих сооружений, раскрытие и засыпка замкнутых понижений, планировка поверхности	Атмосферный, атмосферно-грунтовый
Ускорение отвода избыточной воды из корнеобитаемого слоя	Систематический дренаж с фильтрующей засыпкой, кротовый и щелевой дренаж, агро-мелиоративные мероприятия (глубокое рыхление, глубокая вспашка, известкование почвы, рыхление подпахотного горизонта, внесение больших доз органических и минеральных удобрений, посев бобовых культур)	Атмосферно-грунтовый
Защита мелиорируемых земель от притока поверхностных, грунтовых и грунтово-напорных вод с прилегающих водосборов	Устройство нагорных каналов и ложбин, перехватывающих дрен, оградительных дамб, линейной системы скважин вертикального дренажа, регулирующих водоемов на тальвегах за границами мелиорируемого участка	Грунтово-склоновый, поверхностно-склоновый, грунтово-напорно-склоновый
Защита мелиорируемых земель от затопления паводковыми водами, от затопления и подтопления водохранилищами	Регулирование рек-водоприемников, спрямление, углубление, расчистка русла; обвалование рек, озер; устройство нагорно-ловчих каналов; искусственное повышение поверхности мелиорируемых земель путем намыва или насыпки грунта; устройство водохранилищ и прудов для регулирования стока водоприемника; создание польдеров с механической откачкой избыточных вод	Атмосферный, атмосферно-грунтовый, паводково-атмосферный

Выборочная открытая осушительная сеть при необходимости проектируется:

– для сброса застаивающихся поверхностных вод из замкнутых понижений при улучшении естественных сенокосов на поймах со сложным западинным рельефом;

– для перехвата поверхностных склоновых вод и фильтрующих грунтовых вод с прилегающих водосборных земель в местах, где это позволяют гидрогеологические условия;

– для понижения уровня грунтовых вод в процессе строительства дренажа. В этом случае открытая сеть после закладки дренажа должна засыпаться.

Во всех остальных случаях должна проектироваться, как правило, осушительная сеть из *закрытого горизонтального дренажа*.

Фашинные дрены допускается проектировать при первичном освоении торфяников для повышения осушительного действия трубчатого дренажа.

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 агрономическими 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 польдерные системы*, обеспечивающие сброс паводковой воды по сети открытых

каналов самотеком или с применением *машинного водоподъема*. Применяют также систему агроメリоративных мероприятий и других мер, направленных на улучшение среды обитания растений.

Вертикальный дренаж следует проектировать на однородных участках с песчаными грунтами, торфами любой мощности, супесями и легкими суглинками мощностью до 2,2 м, развитыми на хорошо водопроницаемых песчаных отложениях. При этом мощность водоносного пласта (m) должна быть не менее 15 м, коэффициент фильтрации (k) – более 5 м/сут, а проводимость водоносного пласта $T = km$ – более 150 м²/сут.

Выбор того или иного способа осушения или комплекса способов определяется: принятым методом или несколькими методами осушения; намечаемым сельскохозяйственным использованием осушаемой площади; водопроницаемостью почв; технико-экономическими соображениями.

Если расчеты водного баланса корнеобитаемого слоя показали, что в отдельные периоды вегетации будет наблюдаться недостаток влаги, то методы и способы осушения участка должны предусматривать мероприятия по дополнительному увлажнению почв (подпочвенное увлажнение в засушливые периоды путем шлюзования, дождевание). Элементы *осушительно-увлажнительных систем* увязываются между собой таким образом, чтобы они служили как для интенсивного осушения во влажные периоды, так и для увлажнения.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под водным режимом почв и водным балансом корнеобитаемого слоя почвы?
2. Что входит в приходные и расходные элементы водного баланса территории?
3. Перечислите причины переувлажнения земель.
4. Дайте определение понятию «режим осушения».
5. Какой показатель используют для обобщенной характеристики переувлажненных земель?
6. Назовите основные типы водного питания земель.
7. Приведите примеры типов водного питания в зависимости от региональных особенностей территории.
8. Какие способы осушения земель наиболее распространены в Беларуси?
9. В каких случаях производится обвалование территории дамбами?

4. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

4.1. Состав и назначение элементов осушительной системы

Комплекс сооружений, предназначенных для сброса излишков воды с целью улучшения водного режима почв, называется *осушительной системой*.

При проектировании осушительных систем следует устанавливать причины избыточного увлажнения территории и размер каждой из составляющих водного баланса во время весеннего, летне-осеннего, дождевого паводков и в посевной период.

Способы осушения и конструктивные решения осушительных систем должны обеспечивать создание на осушаемом массиве необходимого водно-воздушного режима почв для эффективного производства сельскохозяйственных культур.

Осушительные системы должны проектироваться на основе результатов топографо-геодезических, почвенно-мелиоративных, геоботанических, культуртехнических, агроэкономических, гидрологических, мелиоративно-гидротехнических, инженерно-геологических, гидрогеологических и природоохранных изысканий и, при необходимости, специальных исследований. Проектирование осушительных систем при отсутствии или недостаточности материалов и опытных данных инженерных изысканий не допускается.

В состав осушительной системы входят следующие элементы: регулирующая сеть; проводящая сеть; оградительная сеть; водоприемник; гидротехнические сооружения; дорожная сеть; полезащитные лесные полосы; специальные сооружения и устройства (рис. 4.1).

Регулирующая сеть предназначена для сбора поверхностных и грунтовых вод, переувлажняющих участок, 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.

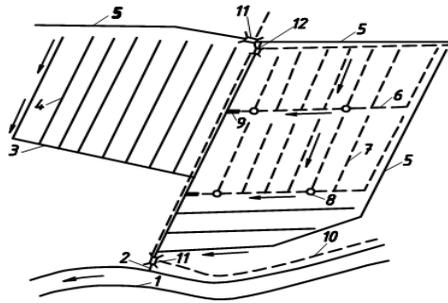


Рис. 4.1. Примерная схема осушительной системы:

- 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

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-переезды, трубы-регуляторы, мосты, колодцы смотровые, поглотители и др.).

Дороги проектируют на всех мелиоративных объектах с целью обеспечения связи 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.

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

Обвалование осушаемого массива оградительными дамбами (устройство полейдеров) необходимо применять:

- в поймах рек, подверженных затоплению весенними и летне-осенними паводками на сроки, превышающие допускаемые для данного вида сельскохозяйственного использования земель;
- на приозерных заболоченных низменностях и на затапливаемых территориях, примыкающих к водохранилищам, для ликвидации зон мелководья.

Осушительные системы без устройства оградительных дамб с откачкой воды насосом следует применять:

– на безуклонных территориях и при осушении замкнутых западин (во избежание строительства глубоких проводящих каналов);

– на участках вдоль насыпей железных и автомобильных дорог (при экономической нецелесообразности переустройства существующих водопропускных сооружений).

К *специальным сооружениям* относят здания, пруды, водоемы. В эту категорию включены 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 те периоды, когда ее не хватает растениям. Поэтому осушительные системы желательно реконструировать с целью придания им возможности подачи воды на поле к растениям в периоды недостатка влаги. Такие системы называют осушительно-увлажнительными, ре-же – системами двустороннего действия. Первой задачей этих систем является осушение, а второй, но не менее важной – увлажнение корнеобитаемого слоя почвы в засушливые периоды.

Тип осушительной системы с самотечным отводом воды или ее откачкой насосами должен выбираться в зависимости от требований охраны окружающей природной среды и гидрологического режима водоприемника.

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.

4.2. Назначение и виды регулирующей сети осушительной системы

Задача регулирующей части осушительной системы сводится к поддержанию влажности почвы или уровня грунтовых вод в пределах параметров принятого режима осушения.

Регулирующая сеть должна поглотить из почвы избыточную воду, накопившуюся в ней сверх оптимальных пределов влажности или сверх безопасного диапазона изменения уровня грунтовых вод (нормы осушения) в допустимые сроки освобождения расчетного слоя почвы (см. табл. 3.1–3.3) и отвести ее в проводящую осушительную сеть. Это количество воды, которое не удерживается в почве капиллярными силами, называется водоотдачей почвы и определяется по формуле (2.6).

Отвод поверхностных вод и понижение уровня грунтовых вод на осушаемом массиве должны обеспечиваться регулирующей сетью в следующие расчетные периоды:

- от прохождения пика весеннего паводка до начала полевых работ;
- от прохождения пика весеннего паводка до начала вегетации трав (для сенокосов и пастбищ);
- в период прохождения летне-осенних паводков и уборки урожая.

Состав элементов регулирующей сети осушительной системы различен при различных методах осушения. Пути, по которым вода поступает в регулирующую сеть, определяют принцип ее действия.

При осушении методом ускорения поверхностного стока регулирующая сеть должна собрать воду с поверхности осушаемой территории и довести ее до проводящей сети. Также известно, что сток воды по поверхности возможен только в том случае, если она имеет некоторый уклон. Поэтому первоначальным элементом регулирующей сети здесь является спланированная с уклоном поверхность, а вторым – проложенная по всем тальвегам сеть канав, ложбин, борозд и т. д.

При осушении методом ускорения стока по пахотному слою и методом ускорения внутреннего стока регулирующая сеть должна вызывать движение гравитационной воды в насыщенных до полной влагоемкости водопроницаемых слоях почвы. Очевидно, что для этого необходимо создать в осушаемом слое систему полостей, свободных от гравитационной воды и расположенных на определенной глубине и определенном расстоянии друг от друга. В этом случае между уровнем гравитационной воды в осушаемом слое почвы и уровнем воды в этих полостях образуется гидравлический уклон, а в соответствии с законом Г. Дарси происходит движение гравитационной воды в направлении к осушаемым полостям, являющимся основным элементом регулирующей части осушительной системы.

Таким образом, различают два принципа действия регулирующей сети: собирательный и дренажный (или осушительный) (рис. 4.2). 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 85–90 % от общего его объема и только 10–15 % воды поступает в регулирующую сеть по порам в грунте (рис. 4.2, б).

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 регулирующую сеть поступает по порам грунта (рис. 4.2, а). В таких условиях объем стока грунтовых вод преобладает над поверхностным.

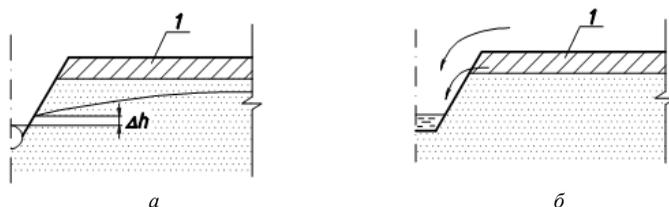


Рис. 4.2. Принципы действия регулирующей сети:
а – собирательный; б – дренажный; 1 – пахотный горизонт

Выбор конструкции регулирующей сети в конкретных природных условиях должен быть обоснован водно-балансовыми расчетами, опытом эксплуатации существующих осушительных систем или специальными исследованиями.

В зависимости от конструкции, расположения на местности, гидро-геологических 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. 4.3, 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.

Регулирующая сеть должна быть, как правило, закрытой. Закрытая регулирующая сеть является обязательным элементом осушения под полевые и овощекормовые севообороты, технические культуры, сады, пастбища.

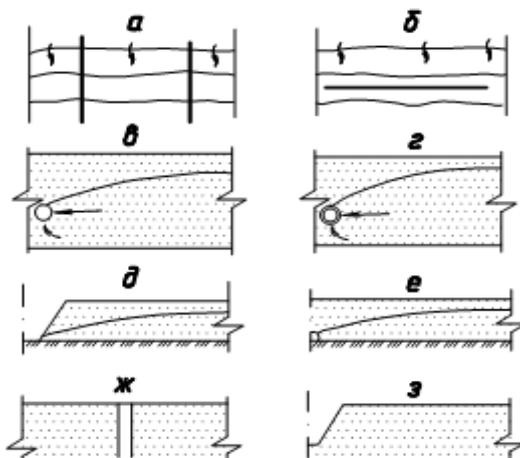


Рис. 4.3. Виды регулирующей сети

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. 4.3, *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. 4.3, *з*).

4. По расположению к водоупору регулирующую сеть разделяют на совершенную и несовершенную по степени вскрытия водоносного пласта. Совершенная регулирующая сеть перерезает весь водоносный пласт и достигает водоупора (рис. 4.3, *д, е, ж*), а несовершенная располагается выше водоупорного пласта (рис. 4.3, *в, з, з*).

5. По отношению к поверхности земли регулирующую сеть могут располагать в горизонтальной или вертикальной плоскостях. Горизонтальная регулирующая сеть прокладывается (условно) параллельно поверхности земли (рис. 4.3, *в, з, д, е, з*), а вертикальная – перпендикулярно (рис. 4.3, *ж*).

Из-за несовершенства сети по характеру вскрытия водоносного пласта, а также в связи с тем, что часть объема воды в регулирующую 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 (см. рис. 4.2, *а*; Δh – высота выклинивания грунтовых вод на откосе канала).

Глубину заложения закрытой и открытой регулирующих сетей необходимо определять в зависимости от требуемой нормы осушения с учетом водопроницаемости грунтов по глубине осадки и сработки торфа.

Минимальную глубину заложения закрытой и открытой регулирующей сети, как правило, следует принимать в минеральных грунтах равной 1,1 м, в торфяных (после осадки) – 1,3 м. Увеличение глубины заложения закрытой и открытой регулирующей сети более 1,5 м должно быть обосновано.

4.3. Конструкции открытой и закрытой регулирующей сети

Открытая регулирующая сеть. Открытую регулирующую осу-

шительную сеть применяют при всех типах водного питания. Это наиболее простой и дешевый способ осушения болотных и избыточно увлажненных минеральных почв. Открытой сетью осушают естественные сенокосы, пойменные затапливаемые земли, леса, торфяные месторождения, а также почвы с большим содержанием закисного железа в грунтовых водах (более 14 мг/л).

Недостатками осушения открытыми каналами являются низкий коэффициент земельного использования (до 0,85–0,90), затруднения в механизированной обработке почвы, необходимость в строительстве значительного количества проездных сооружений и др. На территории со сложным рельефом и при уклонах местности более 0,001 осушение каналами малоэффективно и не рекомендуется.

Поперечное сечение открытых осушителей и собирателей принимается трапецеидальной формы. Коэффициенты заложения откосов для торфа, глин, тяжелых суглинков – 1,0–1,25; легких суглинков, супесей – 1,25–1,50; песков крупно- и мелкозернистых, пылеватых – 1,5–2,0. Ширина по дну – 0,4–0,6 м (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Поперечное сечение канала:
 1 – дно; 2 – откос; 3 – бровка; 4 – берма;
 5 – неразработанный кавальер;
 6 – разравненный кавальер; 7 – воронка

На плане регулирующую сеть необходимо располагать по возможности под острым углом к горизонталям (гидроизогипсам), а также стремиться к параллельному расположению каналов по отношению друг к другу и границам землепользования и 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 открытой осушительной сети определяются следующим рекомендациям.

Расстояние между каналами систематической открытой осуши-

тельной сети рассчитывается по различным зависимостям (в зависимости от природно-геологических и других условий) или принимается по рекомендациям (табл. 4.1).

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 торфяных – 1,2 м (после осадки торфа); 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) и не более: 0,0005 – для песчаных, 0,003 – для суглинистых и 0,005 – для глинистых грунтов. Оптимальным считается уклон 0,0005–0,0008. Максимальное значение уклона обосновывается результатами гидравлического расчета, чтобы не было размывающей скорости движения потока воды в канале. При размывающей скорости необходимо предусматривать крепления русла или сооружения, позволяющие уменьшить уклон канала, перепады, быстротки.

Таблица 4.1. 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 или пастбище	75–125	75–100	50–100	50–100	75–100	100–125	100–300

Дно регулирующих каналов, впадающих в гидравлически не рассчитываемые каналы (с расходом воды до 0,5 м³/с), должно быть выше дна принимающего канала на 10 см, а дно каналов, впадающих в гидравлически рассчитываемые каналы (с расходом более 0,5 м³/с), допускается располагать ниже уровня меженных вод в них не более чем на 10 см.

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

КН-600, фрезерный навесной каналокопатель КФН-1200, плужно-роторный каналокопатель МК-23А, а для ее ремонта – каналочиститель МР-7А и др.

Закрытая регулирующая сеть. При данном способе осушения избыточная вода с толщи расчетного слоя почвы отводится по устроенным в подпочвенном слое полостям с заданным уклоном – дренам (рис. 4.5).

Закрытый дренаж состоит из расположенных на определенной глубине и определенном расстоянии друг от друга пустотных полостей, стенки которых укреплены тем или иным материалом (материальный дренаж) или остаются уплотненными незакрепленными (нематериальный дренаж).

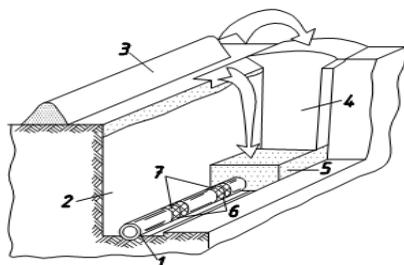


Рис. 4.5. Конструкция дрены:

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

Виды закрытой осушительной сети представлены на рис. 4.6.

При устройстве закрытой осушительной сети повышается коэффициент земельного использования; исключаются препятствия при проведении механизированных сельскохозяйственных работ; упрощается эксплуатация систем; сокращается количество гидротехнических сооружений; существенно улучшается оперативность в управлении водным режимом. Закрытый дренаж эффективен при любых почвенно-рельефных условиях, где открытую систематическую сеть технически применять нельзя или экономически невыгодно.

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 др.) дренажных труб, устройстве кротового и щелевого дренажа.

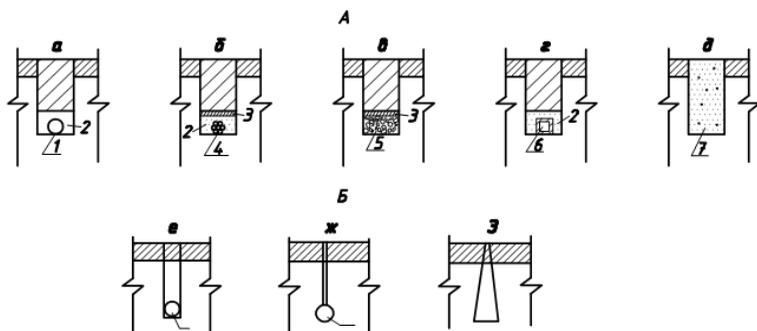


Рис. 4.6. Виды закрытой осушительной сети:

- 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;
8 – хорошо водопроницаемая засыпка

Керамический дренаж (рис. 4.7) устраивается траншейным способом. Для его устройства применяются трубы длиной 33 см. Согласно ГОСТ 8411–74 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 (75–250 мм).

Пластмассовые дренажные трубы изготавливают из полиэтилена, поливинилхлорида и других пластмассовых материалов (рис. 4.8).

Достоинства пластмассового дренажа: легкость, технологичность в строительстве, лучшие технико-экономические показатели при их изготовлении и укладке дренажа. Наружный диаметр этих труб составляет 50, 63, 75, 90, 110, 125 мм, толщина стенок – от 0,5 до 1,9 мм. Из-

готовавливаются они гофрированными, спиральными или гладкостенными.

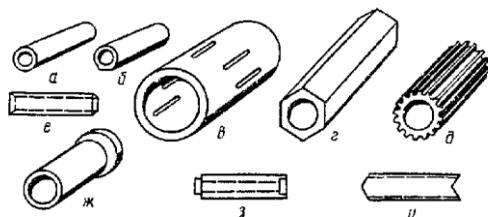


Рис. 4.7. Керамические дренажные трубы:
a, г – цилиндрические и граненые; *б* – с опорной плоскостью;
в – перфорированные; *д* – рифленые; *е* – с фасками;
ж – раструбные; *з* – фланцевые; *и* – с фигурным торцом

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.

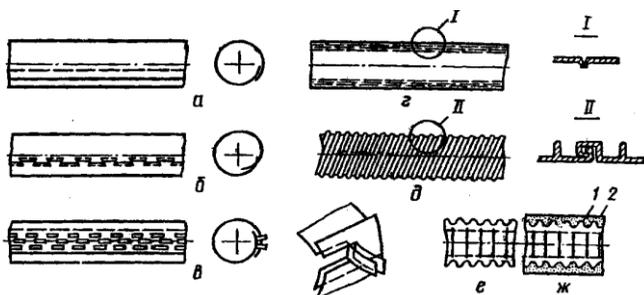


Рис. 4.8. Пластмассовые дренажные трубы:
a – пленочные с упруго поджатым швом; *б* – пленочные со швом «молния»; *в* – пленочные со швом-перфорацией; *г* – пленочные гладкостенные перфорированные; *д* – пленочные спиральновитые из профилированной ленты; *е* – гофрированные без защиты; *ж* – гофрированные, защищенные от заиливания;
1 – салфетка; *2* – фильтрующий материал

Применение закрытой регулирующей сети из пластмассовых труб допускается:

- на минеральных почвах и предварительно осушенных торфяниках с коэффициентом фильтрации 0,3 м/сут и более;
- в почвах с коэффициентом фильтрации менее 0,3 м/сут с заполнением дренажной щели фильтрующими материалами, обеспечивающими гидравлическую связь дрены с избыточными водами пахотного слоя;
- при содержании в грунтах не более 4 % каменистых включений размерами от 30 до 60 см;
- при содержании пней не более 3 %;
- при содержании 3 % и менее погребенной древесины диаметром не более 10 см.

Минимальный диаметр керамических и пластмассовых труб для закрытой регулирующей сети принимается равным 50 мм. Уклоны дрен и закрытых собирателей при минимальном диаметре должны быть 0,003 и более. Допускается увеличение диаметра дрен при невозможности обеспечить минимально допустимый уклон в условиях притока подземных вод при повышенном содержании в грунтовых водах закисного железа на осушительных системах двустороннего действия.

Безуклонный и малоуклонный дренаж (уклон от 0,0001 до 0,002) следует проектировать при осушении и подпочвенном увлажнении равнинных и малоуклонных заболоченных и переувлажненных земель с легкими минеральными почвами и торфяниками и коэффициентом фильтрации более 0,1 м/сут, подстилаемых хорошо водопроницаемыми грунтами. Предельно допустимая длина безуклонной и малоуклонной регулирующей сети составляет 150 м.

При минимальном диаметре длину дрен и закрытых собирателей следует принимать не более 250 м, а в мелкозернистых и водонасыщенных песках и илах – не более 150 м. При осушении окраин массива длина дрен принимается равной не менее 50 м.

При осушении мелкозалежных торфяников закрытая регулирующая сеть должна размещаться в подстилающем грунте. В среднемощных и глубоких торфяниках, а также в оплывающих грунтах дренаж следует устраивать после первичного осушения болот и осадки торфа. При пересечении со староречьями, засыпаемыми каналами на участках пльвунных грунтов необходимо предусматривать стеллажи.

При проектировании закрытого дренажа на слабопроницаемых почвах необходимо предусматривать, как правило, устройство объемных фильтров (обсыпок) толщиной не менее 20 см. При проектировании закрытых собирателей объемные фильтры должны быть выполнены до подошвы пахотного горизонта.

В качестве объемного фильтра необходимо использовать местные, естественные или искусственные строительные материалы: песчано-гравийную смесь, крупнозернистый песок с содержанием зерен размерами более 0,5 мм не менее 40 % по массе, гравий, щебень, шлак, измельченную древесину и кустарниковую растительность, опилки, керамзит, солому, торф со степенью разложения не более 15 %, оструктуренный почвенный слой. Коэффициент фильтрации объемного фильтра должен быть не менее 1 м/сут.

Соединение коллектора с дренажной линией без фасонных деталей осуществляется двумя способами – впритык или внахлест под углом, как правило, от 60° до 90°. Соединение дренажных линий с коллекторами диаметром 150 мм и более следует выполнять через вспомогательные коллекторы меньшего диаметра. 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.

Кротовый дренаж (см. рис. 4.6, ж) 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 и глубиной 0,5–0,7 м, диаметром 6–8 см. Кротовый дренаж допускается применять при осушении болот без погребенной древесины при степени разложения торфа не менее 45 % и мощности его пласта более 0,8 м.

Показатель устойчивости кротовых дренажей в минеральных грунтах определяется в период изысканий из процентного соотношения количества фракций диаметром от 0,060 до 0,008 мм по микроагрегатному составу (по Павлову) к количеству фракций диаметром от 0,050 до 0,005 мм по механическому составу (по Качинскому). Считается, что если это отношение менее 0,3 – грунт устойчивый и пригодный для кротования, а если более 0,7 – грунт неустойчивый и непригодный для кротования.

На минеральных почвах грунтового и грунтово-напорного питания кротование и глубокое рыхление не применяются.

Щелевой дренаж устраивается на торфяных почвах. Длина щелевых линий до 300 м. Расстояние между ними 20–40 м, глубина – 0,7–0,9 м (см. рис. 4.6, з).

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

Расчет закрытой регулирующей сети. Основным параметром, который устанавливается с помощью расчета, является расстояние между дренами или закрытыми собирателями. В зависимости от назначения закрытой сети можно выделить два основных вида расчета: расчет дренажа при понижении уровня грунтовых вод и расчет закрытых собирателей для регулирования стока поверхностной воды. Особенности расчета расстояния между дренами и собирателями заключаются в следующем. Расстояние между дренами должно быть таковым, чтобы обеспечивалось необходимое понижение уровня грунтовых вод в соответствии с требованиями сельскохозяйственного производства и растений к водному режиму. Оно зависит от многих факторов. На это расстояние влияет глубина заложения дрен: чем она больше, тем большее расстояние между дренами можно принять. Климатические факторы (осадки, испарение и др.) также вводятся в расчеты параметров дренажа. Они определяют объем профильтровавшейся избыточной воды, который необходимо отвести дренами. Этот объем находится в обратной зависимости от расстояния между дренами. На хорошо водопроницаемых грунтах дрены друг от друга можно располагать реже, чем на менее водопроницаемых. На результаты расчета, кроме того, влияют конструкция и размеры дрен, виды защитно-фильтрующих материалов и т. д.

Таким образом, установление расстояния между дренами с учетом максимального количества факторов – задача непростая. Однако в любых случаях нужно подбирать такие расчетные зависимости, которые учитывали бы как можно больше факторов, влияющих на расстояние между дренами.

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

Минимальная глубина заложения дрен должна обеспечить понижение грунтовых вод в расчетные периоды. В общем случае на минеральных грунтах она складывается из следующих компонентов

$$t = h_0 + H_{\min} + a, \quad (4.1)$$

где h_0 – слой воды в дрене, м;

H_{\min} – минимальное превышение кривой депрессии над уровнем воды в дрене, м (0,20–0,30 м);

a – норма осушения в вегетационный период, см.

На торфяных почвах при установлении строительной глубины дрен необходимо учитывать осадку и сработку торфяной залежи. Осадку торфа можно определить по формулам А. Д. Брудастова, А. Д. Панадиади, В. М. Зубца, А. И. Мурашко и др.

Чтобы усилить действие дрен в зимнее время, глубину их заложения рекомендуется назначать не меньше глубины промерзания почвы. Если почвенный профиль многослойный, дренаи целесообразно размещать в наиболее водопроницаемых слоях.

Определить расстояние между дренами, заложенными в однородный грунт, можно следующим образом. Приток инфильтрационных грунтовых вод к дрене можно вычислить по уравнению Дарси. Например, при инфильтрации атмосферных осадков и поступлении их в дрину расчетная схема имеет вид, приведенный на рис. 4.9.

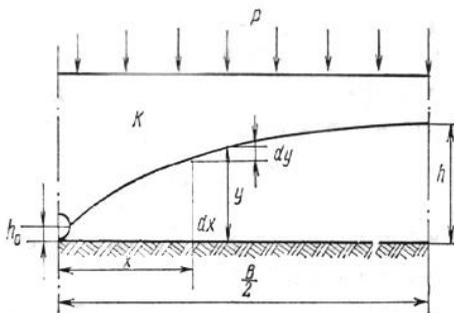


Рис. 4.9. Расчетная схема притока инфильтрационных вод к дрине

Расход инфильтрационных вод интенсивностью P на единицу длины дрены следует вычислить по формуле

$$q = -K\omega \frac{dy}{dx}, \quad (4.2)$$

где K – коэффициент фильтрации водоносного пласта;

ω – площадь сечения фильтрационного потока (приблизительно $\omega = y$).

Расход воды в сечении x , сформировавшийся от инфильтрации воды, определяется по выражению

$$q = P \left(\frac{B}{2} - x \right), \quad (4.3)$$

или, подставив в уравнение (4.2) с учетом $\omega = y$, получим

$$P \left(\frac{B}{2} - x \right) = -Ky \frac{dy}{dx}. \quad (4.4)$$

Разделив переменные и проинтегрировав зависимость (4.4) в пределах от $x = 0$ до x и от y до h_0 , получим

$$\frac{K(y^2 - h_0^2)}{2} = P x \left(\frac{B}{2} - \frac{x}{2} \right). \quad (4.5)$$

Найдя из этого равенства значение y , уравнение кривой депрессии запишем в виде

$$y = \sqrt{h_0^2 + \frac{2Px}{K} \left(\frac{B}{2} - \frac{x}{2} \right)}. \quad (4.6)$$

Если известны граничные условия (расстояние между дренами и уровень грунтовых вод на середине между ними), т. е. в сечении $x = B/2$, ордината кривой депрессии будет $y = h$. Подставив эти значения в зависимость (4.5), получим

$$\frac{K(h^2 - h_0^2)}{2} = P \frac{B}{2} \cdot \frac{B}{4}. \quad (4.7)$$

Приток инфильтрационных грунтовых вод при интенсивности питания P будет равен $q = P \frac{B}{2}$.

Из уравнения (4.7) находим приток к дрене с одной стороны:

$$q = \frac{2K(h^2 - h_0^2)}{B}.$$

Приток с двух сторон, т. е. при полном расстоянии между дренами, будет в два раза больше, или

$$q = \frac{4K(h^2 - h_0^2)}{B}. \quad (4.8)$$

Данную формулу можно использовать для расчета между дренами по А. Н. Костикову в зависимости от времени понижения уровня грунтовых вод до необходимой глубины при неустановившемся режиме притока грунтовых вод (рис. 4.10).

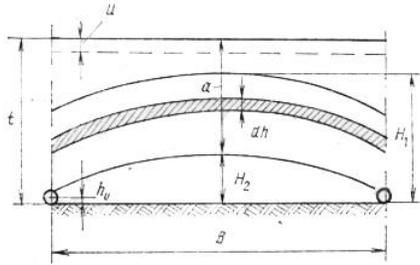


Рис. 4.10. Схема к расчету расстояния между дренами, уложенными на водоупоре

Объем воды, который требуется удалить дренами, $W = -\delta\phi dhB$, где δ – коэффициент удельной водоотдачи грунта; ϕ – коэффициент, характеризующий форму депрессионной кривой. Этот объем можно выразить также через расход и время, т. е. $W = qdT$. Отсюда можно записать водобалансовое уравнение

$$-\delta\phi Bdh = qdT.$$

Подставив в него значение q по зависимости (4.8) и приняв $h_0 = 0$, так как оно мало по сравнению с h , получим

$$-\delta\phi Bdh = \frac{4Kh^2}{B} dT.$$

Из этого равенства находят время понижения уровня грунтовых вод:

$$dT = -\frac{\delta\phi B^2}{4Kh^2} dh. \quad (4.9)$$

Приняв первоначальную ординату кривой депрессии H_1 , а конечную H_2 соответственно при времени $T = 0$ и T , проинтегрировав зависимость (4.9) в этих интервалах, получим

$$T = \frac{\varphi \delta B^2}{4K} \left(\frac{1}{H_2} - \frac{1}{H_1} \right).$$

Отсюда находят расстояние между дренами

$$B = 2 \sqrt{\frac{KTH_1H_2}{\varphi \delta (H_1 - H_2)}}. \quad (4.10)$$

Выразив значения H_1 и H_2 через норму осушения a к концу времени T и исходный уровень грунтовых вод U (например, на момент изысканий), а также глубину дрен, получим $H_1 = t - U$; $H_2 = t - a$ (см. рис. 4.10). Подставив эти параметры в формулу (4.10), выводят следующую зависимость:

$$B = 2 \sqrt{\frac{KT(t-U)(t-a)}{\varphi \delta (a-U)}}. \quad (4.11)$$

Удельную водоотдачу минеральных грунтов определяют по формуле Г. Д. Эркина

$$\delta = 0,056 \sqrt{K} \sqrt[3]{a}; \quad (4.12)$$

торфяных почв – по формуле А. И. Ивицкого

$$\delta = 0,116 K^{\frac{3}{8}} a^{\frac{3}{4}}. \quad (4.13)$$

В формулы (4.11), (4.12) и (4.13) коэффициент K подставляется в метрах в сутки, норма осушения a , величины t , U – в метрах, T – в сутках.

Расстояние между несовершенными (выше водоупора) дренами можно рассчитать по формуле А. Н. Костякова или С. Ф. Аверьянова в зависимости от глубины залегания водоупора (рис. 4.11).

При отношении B / C меньше 3 применяют формулу А. Н. Костякова

$$B = \frac{\pi K H_1}{q \left(2,31 \lg \frac{B}{d} - 1 \right)}. \quad (4.14)$$

Если отношение B / C равно или больше 3, применима формула

С. Ф. Аверьянова

$$B = 2H_1 \sqrt{\frac{K}{q} \left(1 + \frac{2C}{H_1} \right) \alpha}. \quad (4.15)$$

$$\alpha = 1 / \left(1 + \frac{2C}{B} 2,94 \ell g \frac{1}{\sin [\pi d / (2C)]} \right). \quad (4.16)$$

В формулах (4.14), (4.15) и (4.16) приняты следующие обозначения:

B – расстояние между дренами, м;

q – средний за расчетный период приток воды к дренам, м/сут;

d – расчетный (внешний) диаметр дрены или внешний диаметр фильтрующей обсыпки труб, м;

K – коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

H_1 – среднее превышение уровня грунтовых вод между дренами над уровнем воды в дрене (действующий напор) за расчетный период, м;

C – расстояние от дрены до водоупора, м.

Среднюю величину действующего напора (рис. 4.11) определяют с использованием выражения $H_1 = t - 0,6a$, где t – глубина заложения дрены, м; a – норма осушения в расчетный период, м.

Средний за расчетный период приток воды к дренам определяют по формуле

$$q = \frac{W}{T}, \quad (4.17)$$

где W – избыточный, подлежащий отводу объем, выраженный в слое воды, м;

T – время, за которое необходимо отвести избыточную воду, сут.

Для весеннего периода

$$W = H_b + \Sigma \Gamma + a\delta + \Sigma P + \Sigma e, \quad (4.18)$$

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

$\Sigma \Gamma$ – грунтовое водное питание массива за расчетный период, м;

ΣP – осадки за расчетный период, м;

Σe – испарение за расчетный период, м;

δ – коэффициент удельной водоотдачи.

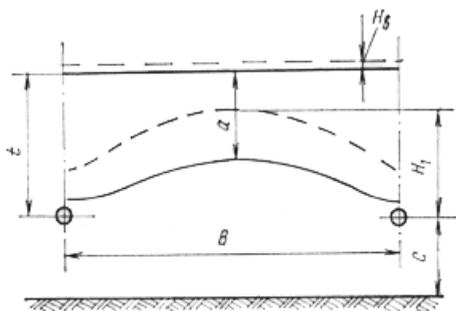


Рис. 4.11. Расчетная схема для определения расстояния между дренами, расположенными выше водоупора

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

При грунтово-напорном питании для обеспечения требуемой степени осушения необходимо понизить пьезометрический уровень водоносного пласта. Например, по схеме С. Ф. Аверьянова предполагается наличие двух слоев грунта: верхний – менее проницаемый и подстилающий – водоносный. Питание происходит за счет напора грунтовых вод из подстилающего слоя и инфильтрации с поверхности почвы до уровня грунтовых вод. Дрена располагается в верхнем слое. Для данной схемы имеется решение С. Ф. Аверьянова с использованием метода С. Н. Нумерова.

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

На основании многолетних теоретических и производственных исследований, а также опыта проектирования осушительных систем получены обобщенные данные, используя которые ориентировочно можно определить расстояния между дренами (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Расстояния между дренами, м

Грунт	Расстояние
Песок мелкозернистый	30–50 и более
Супесь	25–35
Суглинок: легкий	20–30
средний	14–20
Суглинок тяжелый, глина	8–15
Торф низинный	20–40

Расстояния между закрытыми собирателями рекомендуется определять следующим образом. Закрытые собиратели при полном насыщении пахотного и подпахотного слоев должны отводить поверхностные воды и воды из этих слоев. Поэтому работа собирателей рассматривается в двух режимах. Первый – это понижение уровня верховодки и второй – сброс избыточной поверхностной и гравитационной воды из пахотного слоя. Отсюда приближенная расчетная схема С. Ф. Аверьянова, согласно которой поверхностные воды сбрасываются по поверхности в каналы вследствие планировки и других мероприятий, предназначенных для регулирования этих вод. Закрытые собиратели должны отводить воды из пахотного и подпахотного слоев (рис. 4.12).

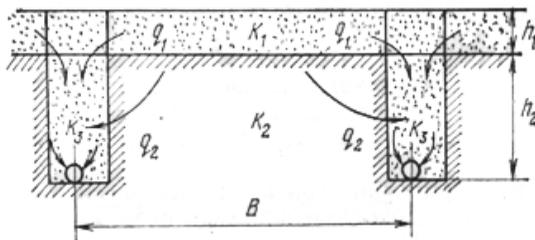


Рис. 4.12. Расчетная схема поступления воды в закрытые собиратели

Гравитационная вода по пахотному слою отводится со средней интенсивностью (м/сут)

$$q_1 = \frac{\delta h_1}{T} - e, \quad (4.19)$$

где δ – коэффициент водоотдачи пахотного слоя;

h_1 – мощность пахотного слоя, м;

T – нормативное время отвода гравитационной воды из пахотного слоя, сут;

e – интенсивность испарения из пахотного слоя, м/сут.

Время освобождения пахотного слоя от гравитационной воды определяется по зависимости

$$T = \frac{\delta B \arctg x}{3\sqrt{K_1(e + q_2)}}; \quad (4.20)$$

$$x = \frac{2h_1\sqrt{K_1}}{B\sqrt{e + q_2}}; \quad (4.21)$$

$$q_2 = \frac{4K_2^2}{B^2}, \quad (4.22)$$

где B – расстояние между закрытыми собирателями, м;

q_2 – интенсивность поступления воды в закрытый собиратель из подпахотного слоя, м/сут;

K_1 и K_2 – коэффициенты фильтрации пахотного и подпахотного слоев, м/сут;

h_1 и h_2 – мощность пахотного и подпахотного слоев, м.

Расстояние между собирателями находят подбором. Между водопроницаемостью фильтрующей засыпки траншей и пахотного слоя должно выполняться условие

$$K_3 b \geq 1,48 K_1 h_1,$$

где K_3 – коэффициент фильтрации траншейной засыпки, м/сут;

b – ширина траншеи, м.

На тяжелых почвах расстояния между закрытыми собирателями практически принимают равными: при использовании земель под полевые, овощные, прифермские севообороты и пастбища 9–11 м, под лугопастбищные севообороты и луга длительного пользования – 14–16 м. Однако расстояние между закрытыми собирателями можно увеличить до 30 %, если на тяжелых почвах дополнительно предусмотреть мероприятия по организации поверхностного стока.

Защита закрытой сети от заиления. Под заилением закрытой трубчатой сети понимают частичную или полную закупорку полостей труб (минеральными частицами грунта, органическими соединениями, от-

ложениями железистых соединений и минеральных солей, корнями растений), кольматаж стыковых зазоров и водопримемных отверстий в трубах, защитных фильтров и придренной области грунта.

Для предотвращения механического заиления дрен применяют различные защитно-фильтрующие материалы. Они могут быть органическими (мох, торф, солома и др.) и минеральными (песчано-гравийные смеси, шлаки, гранулированные отходы химической промышленности, искусственные стеклоткани, стеклохолсты и т. д.). Чтобы защитно-фильтрующие материалы (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). Для пластмассовых труб применяют нанесение на их поверхность защитной бесшовной фильтрующей оболочки из волокнисто-пористого полиэтилена. Рулонные ЗФМ должны иметь коэффициент фильтрации не менее 20 м/сут, не пропускать частицы грунта размером более 0,05 мм, защищать дренаж от закисных соединений железа при содержании его не менее 3 мг/л и рН 3,5–9,0.

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

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

При содержании в грунтовых водах осушаемой территории до 3 мг/л закисного железа специальные мероприятия по защите закрытого дренажа от заполнения железистыми соединениями допускается не предусматривать.

При содержании закисного железа от 3 до 5 мг/л в грунтовых водах осушаемой территории необходимо предусматривать специальные мероприятия по защите дрен от заиления:

– ловчие каналы для перехвата грунтовых и родниковых вод со сбросом их в проводящую сеть или водопримемник, минуя закрытые коллекторы;

- дренажные системы площадью не более 10 га с прямолинейными закрытыми коллекторами одного порядка, удобными для промывки;
- уклоны дрен – не менее 0,004 и коллекторов – не менее 0,003 (не допуская при этом общего заглубления проводящей осушительной сети);
- обеспечение увеличения или неизменности скорости течения воды в дренах и коллекторах от истока к устью;
- увеличение уклонов устьевых участков дрен до 0,01 и более на протяжении 5–10 м;
- защиту водоприемных отверстий и стыков керамических труб рулонными фильтрующими материалами, дополненными ржаной соломой, измельченной древесно-кустарниковой растительностью, опилками, льнокострой и др.;
- засыпку дренажных траншей сразу после укладки труб после их присыпки растительным грунтом;
- устройство смотровых колодцев потайного типа;
- внесение в почву извести по нормам, определяемым в зависимости от кислотности почв;
- глубокое (до 0,8 м) рыхление слабоводопроницаемых подпочвенных слоев с внесением извести по всему профилю почвы;
- исключение воздуха из полости дрен посредством обеспечения их работы в напорном режиме.

При содержании в грунтовых водах закисного железа от 5 до 8 мг/л дополнительно необходимо предусматривать одно из перечисленных ниже мероприятий:

- уклоны дренажных линий, обеспечивающие скорость течения воды в дренах и коллекторах не менее 0,35 м/с:
 - для дрен диаметром 50 мм – не менее 0,006;
 - для коллекторов диаметром от 75 до 125 мм – не менее 0,003;
 - для коллекторов диаметром свыше 125 мм – не менее 0,002;
- устройство постоянно затопленных устьев коллекторов;
- устройство дрен, впадающих в открытую проводящую сеть;
- устройство дрен из труб диаметром от 75 до 100 мм в минеральных грунтах и от 100 до 125 мм – в торфах;
- внесение ингибиторов в дренажные траншеи.

Дренажные системы при этом следует проектировать с коллекторами одного порядка и дренами не более 100 м.

При содержании в грунтовых водах закисного железа более 8 мг/л необходимо предусматривать (там, где это возможно) первичное осушение открытыми каналами в сочетании с кротовым дренажем.

Материальный закрытый дренаж допускается проектировать только после интенсивного осушения открытыми каналами в течение 4–5 лет, проводя при этом защитные мероприятия в зависимости от остаточного содержания закисного железа.

Ингибиторы в качестве одного из мероприятий, предотвращающих заохривание дренажа или снижающих его интенсивность, применяются на участках с атмосферным или грунтовым безнапорным водным питанием. При грундово-напорном питании применение ингибиторов нецелесообразно.

В качестве ингибиторов рекомендуется применять (из расчета на 1 м дренажной траншеи):

- в слабокислых минеральных грунтах ($5,6 < \text{pH} < 6,5$) – не менее 1 кг фосфорной муки;

- в кислых минеральных грунтах ($\text{pH} < 5,6$) с низким содержанием гумуса – не менее 1,5 кг извести;

- в торфяных и высокогумусированных минеральных грунтах, независимо от кислотности, – не менее 1,5 кг смеси гипса с известью в соотношении 2:1.

В качестве ингибиторов допускается применение в кислых грунтах торфяной топочной золы сухого удаления путем ее перемешивания с грунтом обратной засыпки траншеи в соотношении (по массе) от 1:9 до 2:8.

На объектах с содержанием в грунтовых водах закисного железа свыше 3 мг/л для защиты от заиления устьевые части дрен, впадающих в каналы, на участках длиной 10 м следует выполнять с увеличенным уклоном (более 0,002), а далее прокладывать их с проектным уклоном. Увеличенные уклоны создают в устьевых частях повышенные скорости течения воды, способные обеспечить гидравлическую самоочистку труб от хлопьевидных форм железистых соединений.

Расположение регулирующей сети на плане. По степени покрытия осушаемой площади как открытая регулирующая сеть, так и закрытый дренаж могут быть систематическими, разреженными и выборочными (рис. 4.13, 4.14).

Систематическая сеть проектируется при равнинном, однородно-уклонном рельефе местности. Канавы или дрены располагают равномерно, с одинаковым расстоянием между ними по всему участку.

Выборочная сеть устраивается из каналов (дрен), предназначенных для осушения отдельных переувлажненных участков – низин, замкнутых понижений, мест выклинивания грунтовых вод и т. д. Каналы или дрены устраиваются по тальвегам местности, вымоинам, замкнутым понижениям местности и другим участкам с повышенной увлажненностью.

В разреженной схеме расстояние между каналами или дренами принимают в 1,5–2 раза больше рекомендуемых для данных условий, что снижает его стоимость, но для достижения необходимого гидрологического действия, например, материальный дренаж часто дополняют нематериальным (кротовым или щелевым). В этом случае его называют комбинированным.

Регулирующую сеть следует располагать перпендикулярно основному направлению потока поверхностных вод (поперечная схема). При уклонах местности менее 0,005 допускается располагать закрытые дрены и открытые осушители вдоль уклона местности (продольная схема). Закрытые и открытые собиратели следует устраивать только по поперечной схеме.

На плане открытую регулируемую 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).

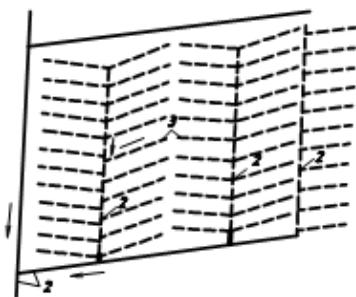


Рис. 4.13. Схема систематической осушительной сети:
1 – открытые каналы; 2 – закрытый коллектор; 3 – осушительные дрены

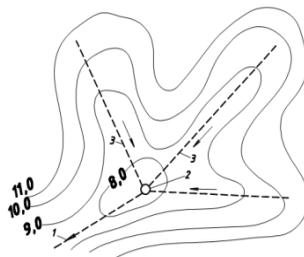


Рис. 4.14. Схема выборочного дренажа:
1 – закрытый коллектор; 2 – смотровой колодец; 3 – дрены

Проектирование *открытой регулирующей сети* в плане необходимо вести с учетом следующих основных требований:

- каналы систематической регулирующей сети следует располагать, как правило, параллельно друг другу с учетом границ землепользования и полей севооборотов;
- длина каналов должна составлять от 700 до 1500 м, меньшая длина допускается при осушении окраин массива;
- сопряжение каналов регулирующей сети с проводящими каналами следует предусматривать под прямым или близким к нему углом;
- при осушении пойм каналы следует располагать в направлении потока паводковых вод (вдоль поймы);
- выборочную регулирующую сеть (талвеговые каналы) необходимо проектировать по наиболее низким местам поверхности и минерального дна болота.

Каналы предварительного осушения следует проектировать в увязке с постоянной осушительной сетью. Как правило, каналы предварительного осушения не должны пересекать трасс закрытой осушительной сети.

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.

Проектирование дренажных систем в плане начинается с водоприемника, оградительной и проводящей сети.

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. Его 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 водоемов 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 уклоне поверхности менее 0,002 дрены располагают вдоль уклона поверхности (продольный дренаж), а при больших уклонах – под некоторым углом к горизонталям местности с таким расчетом, чтобы уклон вдоль линий дрен был не менее 0,002 (поперечный дренаж).

В отношении осушающего действия дренажа поперечное расположение дрен всегда предпочтительнее, но при малых уклонах поверхности необходимо излишнее заглубление нижних участков дрен для того, чтобы придать им необходимый минимальный уклон, что приводит к удорожанию строительства.

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.

1. В плане дрены с коллекторами необходимо стремиться сопрягать под углом 90° . При невозможности обеспечить прямой угол выпуск дрен в коллекторы следует осуществлять под углом не менее 60° .

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 расстояние $B / 3$. Расстояния между сходящимися концами дрен принимаются равными $B / 3 - B / 4$, а между такими перпендикулярными концами и дренажной или коллекторной линией – $B / 2$. От открытого канала дренажи 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 дренажами).

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

Регулирующая сеть не должна пересекать дороги, подземные коммуникации, лесопосадки. При пересечении с линиями электропередач и телефонными линиями связи расстояние до их опор следует принимать в соответствии с действующими правилами охранных зон.

4.4. Мероприятия и сооружения по организации поверхностного стока

Мероприятия по организации поверхностного стока следует разрабатывать на почвах любой водопроницаемости.

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 местами хорошо фильтрующим материалом (для отвода воды из замкнутых понижений в проводящую сеть или водоемы-копани) (рис. 4.15, 4.16);

– 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.;

– разравнивание вынутаго из каналов грунта слоем не более 0,1 м с устройством в откосах воронок для сброса поверхностных вод.

Выбор мероприятий по организации поверхностного стока при наличии нескольких вариантов следует производить на основании технико-экономических расчетов с обязательным учетом максимального сохранения гумусового слоя.

Наиболее подробно мероприятия по организации поверхностного стока изложены в источнике [14], в котором освещаются особенности проектирования ложбин стока, колодцев-поглотителей, водоемов-копаней, раскрытия западин и понижений, планировки мелиорируемых площадей, агромелиоративных мероприятий.

Ложбины стока прокладываются по наиболее низким элементам рельефа. Максимальная глубина ложбин 0,6 м, минимальная 0,2 м, уклон более 0,002, ширина по дну 0–10 м. Заложение откосов 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 гидравлический расчет не требуется, а по тальвеговому ложбинам расчеты приводятся при Q_{10} более $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ и уклоне более 0,005.

Сопряжение ложбины с открытой сетью или водоемом-копанью предусматривается по типу воронок (рис. 4.13), а с закрытым коллектором – через колодец-поглотитель (рис. 4.14).

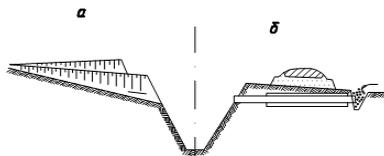


Рис. 4.15. Воронки: а – открытая; б – закрытая

Колодцы-поглотители применяют для отвода поверхностных вод из замкнутых понижений с площадью водосбора не менее 3 га. Их же-

лательно размещать по границам полей севооборотов, дорог, опор линий электропередач, чтобы не создавать помех при обработке мелиорируемых земель. Поверхность земли вокруг колодца срезается с таким расчетом, чтобы образовалось воронкообразное понижение в форме усеченного конуса с глубиной у стен колодца 0,25–0,30 м.



Рис. 4.16. Колодец-поглотитель (крышка снята)

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

Водоемы-копани сооружаются в качестве водоприемников для сброса поверхностного и дренажного стока главным образом при осушении земель с западным рельефом, 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.

Наиболее приемлемая форма водоема-копани в плане – прямоугольная. Длинную сторону водоема необходимо расположить в направлении вспашки полей. Форма водоема может быть также овально-криволинейной, круглой и т. д. Ее следует принимать в соответствии с формой понижения с целью уменьшения объема земляных

работ при отрывке. Крепление откосов, как правило, проводится посевом трав. Для предохранения размыва откосов поверхностными водами в понижениях рельефа по периметру водоема устраиваются ловчие канавки с воронками стока. Эти воронки закрепляют сплошной одерновкой. По берегам водоема-копани организуются природоохранные прибрежные полосы и водоохранные зоны шириной не менее 20 м.

Схема осушения земель со сложным рельефом приведена на рис. 4.17.

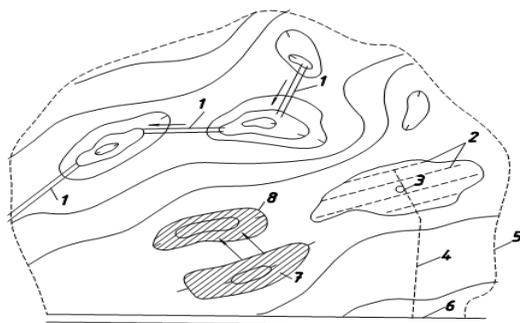


Рис. 4.17. Схема осушения земель со сложным рельефом:
 1 – ложбины стока; 2 – закрытые собиратели; 3 – поглотительный колодец; 4 – транспортирующий собиратель; 5 – граница осушения; 6 – водоприемник; 7 – срезанный бугор; 8 – засыпанное понижение

Глубина водоемов-копаней должна быть не более 3–3,5 м исходя из усложнения технологии производства работ. Рассчитывают его на объем весеннего стока 10%-й 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-поглотителей.

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.

Планировка мелиорируемых земель должна предусматривать следующие мероприятия:

- засыпку старых ликвидируемых каналов, карьеров, ям, староречий, сети предварительного осушения;

- засыпку мелких и частичную засыпку крупных понижений при их раскрытии и уполаживании откосов за счет местного или привозного грунта;

- уничтожение валов выкорчеванной древесной и кустарниковой растительности;

- разравнивание неиспользуемых насыпей, буртов грунта толщиной слоя не более 0,1 м;

- срезку крутых переходов от старопахотных земель к вновь осваиваемым;

- выборочную и площадную бульдозерную планировку на участках с развитым микрорельефом, раскорчеванных площадях, участках с наличием западин глубиной до 25 см и шириной более 20 м, которые не могут быть ликвидированы длиннобазовым планировщиком.

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

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 проводятся 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 обеспечивать накопление влаги в подпахотных слоях для использования ее сельскохозяйственными культурами в засушливые периоды. По своему действию на водный режим почв агромелиоративные мероприятия подразделяют на группы (рис. 4.18).

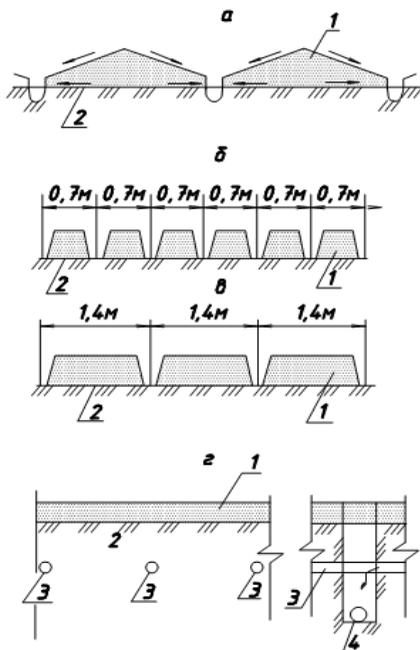


Рис. 4.18. Агромелиоративные мероприятия:
 а – узкозагонная вспашка; б – гребневание;
 в – грядование; 2 – кротование; 1 – пахотный слой;
 2 – подпочва; 3 – кротовины; 4 – материальные дрены

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 ран-

невесенний 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.

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 орудием 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 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 проводят аналогично гребневанию с той лишь разни-

цей, что расстояние между бороздами при грядовании увеличивается вдвое и составляет 1,4 м.

Кротование представляет собой систему подпочвенных полостей – кротовин, проходящих параллельно друг другу через 1–2 м на глубине 35–40 см. Его 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 в нем влаги.

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 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, для улучшения водно-физических свойств почв, увеличения интенсивности притока воды к дренам, повышения водоаккумулирующей способности слабопроницаемых почв. 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 теплового 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 в подпахотном слое, как правило, на 5–10 % содержится больше влаги, 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 (естественно-генетическое) и вторичное (искусственное) уплотнение. Первичное уплотнение почвы уменьшает осушительное действие закрытой сети, снижает плодородие почвы. Для уплотненных почв характерна 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 обработки почвы.

Причины, вызывающие вторичное уплотнение почв, делят на три группы: биологические, химические и механические. Особое место среди них занимают механические причины. В их число входит 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 проведением 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 произвольных перемещений техники, правильный выбор механизмов для

производства полевых работ. В дополнение к этим приемам рекомендуется глубокое рыхление уплотненной части почвенного профиля.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких элементов состоит осушительная система?
2. Приведите примеры различных типов осушительных систем.
3. Каковы задачи, виды и принцип действия регулирующей сети?
4. Какие материалы применяют для строительства закрытого дренажа?
5. Какие факторы определяют выбор расстояния между дренами?
6. Назовите причины заиливания трубчатой осушительной сети.
7. Что входит в комплекс мероприятий по организации и отводу поверхностных вод?

4.5. Проводящая и ограждающая сети осушительной системы

Назначение и состав проводящей сети. Проводящая сеть предназначена для приема воды из регулирующей и ограждающей сетей для отведения за пределы осушаемой территории с целью обеспечения на ней за расчетный период требуемой нормы осушения.

Проводящая сеть может быть открытой и закрытой. Кроме того, в зависимости от числа обслуживаемых хозяйств проводящая сеть подразделяется на *межхозяйственную* и *внутрихозяйственную*. Межхозяйственная обслуживает мелиорируемые земли двух и более хозяйств, а внутрихозяйственная – земли одного хозяйства.

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.

Открытая проводящая сеть устраивается в виде каналов, размер которых зависит от величины пропускаемых расчетных расходов и условий производства работ. Главным водотоком проводящей сети является магистральный канал первого порядка. Он принимает воду из всей осушительной сети. При необходимости могут также проектироваться магистральные каналы второго и третьего порядков, которые впадают в каналы высшего порядка: второго порядка – в каналы первого порядка, третьего – в каналы второго порядка и т. д. Однако при

проектировании целесообразно сокращать до минимума число порядков каналов проводящей сети. Это позволяет уменьшить их глубину и снизить влияние осушения на водный режим прилегающих территорий.

Проводящими каналами самого низкого порядка являются *открытые коллекторы и транспортирующие собиратели*. Открытые коллекторы принимают воду из открытых дрен (осушителей), а транспортирующие – из собирателей.

Открытая проводящая сеть предназначена для приема воды из регулирующей и оградительной сетей и отвода ее в водоприемник.

Проводящие каналы подразделяются на следующие виды:

- каналы первого порядка, или магистральные, впадающие непосредственно в водоприемник;
- каналы второго и последующих порядков, впадающие в проводящую сеть высшего порядка.

Закрытая проводящая сеть (закрытые дренажные коллекторы) предназначается:

- для сбора и транспортирования в открытые каналы воды, собираемой регулирующей сетью и поглощающими сооружениями в периоды избыточного увлажнения;
- подачи в регулирующую сеть воды для увлажнения мелиорируемых земель в засушливые периоды.

Закрытая проводящая сеть бывает коллекторной и собирательной. Коллекторная сеть принимает воду из закрытых дрен, а собирательная – из закрытых регулирующих собирателей и из отдельных замкнутых понижений. По взаимному плановому расположению как закрытая, так и открытая проводящая сеть также может быть разных порядков.

Закрытая сеть, состоящая из взаимосвязанных элементов (дрен, проводящей сети, оградительных водотоков, сооружений на них), объединенных одним устьем, называется *дренажной системой*. Площадь системы зависит от уклона и рельефа местности, расходов воды и требуемой скорости движения в трубах. Для создания достаточно крупных контуров, удобных для использования высокопроизводительной сельскохозяйственной техники, допускается проводящие коллекторы и собиратели проектировать из бетонных, железобетонных и асбестоцементных труб диаметром более 200 мм. Для устройства закрытой проводящей сети выбираются наиболее доступные, дешевые и надежные в эксплуатации материалы. Дренажные системы площадью более 20 га

проектируются при спокойном рельефе местности с уклоном поверхности больше 0,005. На этих системах открытые проводящие каналы желательно заменять водоводами, если стоимость устройства открытых каналов близка к стоимости закрытых коллекторов.

Расположение проводящей сети в плане. 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 наиболее низким местам.

Проводящая сеть на осушительных системах проектируется с учетом рельефа местности так, чтобы со всей осушаемой площади избыточную воду можно было бы отвести, не прибегая к механическому подъему. На минеральных землях каналы трассируют по выраженным тальвегам и наиболее глубоким понижениям. Это позволяет запроектировать впадающие каналы с использованием естественного уклона поверхности земли.

На болотных землях с мощностью торфа более 1,5–2,0 м трассу канала необходимо размещать по тальвегам минерального дна болота или по возрастающей глубине торфяной залежи. При осушении торфа происходит осадка, величина которой зависит от мощности слоя торфа: с увеличением мощности увеличивается и осадка. При выполнении отмеченных выше требований можно избежать в дальнейшем ухудшения гидравлических условий течения воды в каналах из-за уменьшения их продольных уклонов.

Если осушаемый участок имеет равнинный рельеф, на котором трудно выделить тальвеги, проводящую сеть проектируют с учетом впадающих в нее других водотоков. В частности, расстояние между магистральными каналами определяется схемой расположения и длиной каналов второго порядка.

Длина магистральной сети зависит от многих факторов. Главными из них являются: рельефные условия, расчетные расходы и хозяйственное устройство осушаемой территории. Чтобы избежать слишком большого заглубления канала на малоуклонных и безуклонных участках, необходимо ограничивать его длину. Естественно, что параметры проводящих каналов должны обосновываться технико-экономическими расчетами.

Длина открытых коллекторов и транспортирующих собирателей, как правило, не должна превышать 1500 м (минимальная 700 м). Трас-

сы каналов увязывают с границами землепользователей, полей севооборота, а также коммуникациями и дорожной сетью, добиваясь такого расположения водотоков, при котором создаются поля, удобные для обработки, и уменьшается количество переездных сооружений. Пересечения каналов с дорогами или другими коммуникациями устраиваются под прямым углом.

Каналы обычно трассируются прямолинейно с минимальным числом поворотов. Тем не менее с учетом экологических требований можно проектировать каналы с созданием излучин, углубленных участков. Такая форма позволяет улучшить условия обитания рыб и водоплавающей птицы.

Если на осушаемом объекте имеются озера, то проводящая сеть должна обходить их на расстоянии, не изменяя уреченный режим водоема. Это расстояние устанавливается путем решения при соответствующих краевых условиях двумерного уравнения фильтрации.

При необходимости проектируются специальные водохозяйственные мероприятия по компенсации влияния осушительной мелиорации на естественные водоемы.

В поймах рек проводящие каналы проектируют по возможности по направлению течения паводковых вод или под углом не более 30° к ним. Такая мера снижает заиливание каналов наносами во время паводка и уменьшает опасность размыва русла водотоков. Сопряжение каналов друг с другом осуществляют под углом $60\text{--}80^\circ$, а каналов с водоприемником – под углом $75\text{--}90^\circ$. Радиусы закруглений принимают в зависимости от расчетного расхода, но не менее 25 м.

Открытые коллекторы и транспортирующие собиратели размещают в зависимости от рельефа, как правило, под острым углом к горизонтальям. Расстояние между этими каналами зависит от схемы размещения регулирующей сети и длины регулируемых линий.

Уклон дна проводящих каналов должен, по возможности, соответствовать уклону поверхности земли и быть не менее 0,0003. При осушении безуклонных территорий в порядке исключения допускается принимать уклон 0,0001. При этом каналы проверяются расчетом на незаиляющие скорости.

Верхним пределом уклона для незакрепленного канала является уклон, максимально допустимый на размыв, определяемый гидравлическим расчетом.

Для уменьшения отрицательного воздействия мелиоративных мероприятий на окружающую среду глубина проводящих каналов (с уче-

том осадки и сработки торфа) не должна превышать 2,5 м. Глубина более 2,5 м должна быть обоснована в проекте.

Расположение проводящей сети в плане увязывают с расположением существующих инженерных коммуникаций и сооружений (линий электропередач, наземных и подземных линий связи, газопроводов, нефтепроводов, теплофикационных и канализационных трубопроводов, дорог, автодорожных и железнодорожных мостов и т. п.). Число пересечений проводящей сети с инженерными коммуникациями и сооружениями должно быть минимальным.

Пересечение проводящих каналов с дорогами, трубопроводами и другими коммуникациями следует предусматривать, как правило, под прямым или близким к прямому углом (от 75 до 90°). Отступление от этого правила допускается, если такое пересечение невозможно по условиям рельефа, в связи с застроенностью прилегающей территории, необходимостью дополнительного поворота канала и по другим обоснованным причинам.

Трассы проводящих каналов следует размещать за пределами охранных и санитарно-защитных зон производственно-хозяйственных объектов.

При сопряжении каналов низших порядков с магистральными необходимо предусматривать закругление устьевой части впадающего канала. Проводящие каналы должны сопрягаться с магистральными под углом от 30 до 60°. При наличии дорог или проездов вдоль проводящего канала сопряжение обеспечивается конструкцией устьевого сооружения.

Глубину проводящей сети следует устанавливать минимально допустимой в зависимости от величины и условий пропуска расчетного расхода воды и глубины впадающей открытой и закрытой регулирующих сетей.

Строительную глубину проводящей сети, проходящей по болотам, следует принимать с учетом осадки и сработки торфа.

При осушении пойм трассы магистральных каналов должны совпадать с гидравлической осью движения весеннего потока или быть близкими к нему.

При осушении надпойменных участков земель магистральные каналы необходимо прокладывать под острым углом к гидроизогидам (или горизонталям).

Проектирование закрытых коллекторов необходимо выполнять с учетом рельефа поверхности осушаемых земель. Закрытые коллекторы

следует прокладывать по кратчайшему пути к принимающему каналу, обеспечивая, по возможности, двусторонний выпуск дрен и прямолинейность трасс.

При проектировании закрытых коллекторов следует избегать пересечения замкнутых понижений, торфяной (сапропелевой) залежи мощностью свыше 1,5 м, глубоких западин, существующих каналов и староречий глубиной свыше 1,5 м. При неизбежности такого пересечения необходимо предусматривать предварительное осушение.

Трассы закрытых коллекторов, проходящих по тальвегам с водосборной площадью 15 га и более, следует располагать на 0,2–0,3 м выше дна тальвегов, предусматривая мероприятия по отводу поверхностных вод в канал, минуя коллектор.

При малых уклонах поверхности земли (менее 0,005) и наличии в грунтовой воде железистых соединений площадь дренажной системы не должна превышать 20 га, а в плавунных фунтах она допускается не более 5 га. Закрытую проводящую сеть проводят по кратчайшему пути к открытому каналу, приурочивая трассу к понижениям. В целях сокращения удельной протяженности коллекторов и транспортирующих собирателей регулирующие дрены подводят к ним с двух сторон. Чтобы избежать кольматации дренажной засыпки и возможного ее размыва, ось закрытого проводящего водотока смещают выше оси тальвега на 0,15–0,20 м. В связи с тем что в полость коллекторов через стыковые зазоры труб могут проникнуть корни древесных насаждений, коллекторы и собиратели прокладывают на расстоянии 7–30 м от растительности в зависимости от ее вида.

Минимальные расстояния (м) от древесных и кустарниковых насаждений при прокладке трассы закрытых коллекторов должны приниматься следующими:

- лиственные деревья – 20;
- хвойные – 30;
- фруктовые – 7;
- ольха, ива, шиповник, смородина – 15;
- кустарники других пород – 10.

При пересечении закрытыми коллекторами древесных и кустарниковых насаждений должна быть предусмотрена глухая изоляция стыков керамических труб или прокладка коллекторов из асбестоцементных, канализационных керамических, железобетонных, бетонных труб. Длину глухих участков коллекторов следует определять с учетом требований к вышеуказанным минимальным расстояниям до древесных и кустарниковых насаждений.

Сопряжение коллекторов между собой необходимо проектировать внахлестку с применением соединительных деталей, колодцев-перепадов при разнице в глубинах сопрягаемых коллекторов более 0,3 м, колодцев-отстойников, когда скорость воды во впадающем коллекторе превышает скорость воды в принимающем более чем на 30 %, а также в пылеватых грунтах. При угле поворота коллекторов в плане более 60° допускается устройство смотровых колодцев.

Закрытые коллекторы должны быть оборудованы смотровыми колодцами или колодцами-отстойниками:

- в местах подключения к закрытому коллектору высшего порядка двух или более коллекторов низшего порядка;
- при длине коллектора 1 км и более – через каждые 500 м при уклоне более 0,0006 и через 200–250 м при уклоне менее 0,0006.

Сопряжения коллекторов с принимающими каналами и водоприемниками необходимо осуществлять с помощью устьев сооружений, располагаемых на участках, не подверженных размыву и заилению. Низ устьевой трубы коллекторов следует проектировать не менее чем на 0,10 м выше расчетного межennale уровня в принимающем канале и водоприемнике, но не менее чем на 0,50 м выше их dna.

При пересечении засыпанных карьеров, староречий, каналов, западин с сильно увлажненными минеральными грунтами или торфяниками (сапропелями), имеющими на глубине закладки коллектора допустимое напряжение на сдвиг не более 0,08 кг/см², укладку керамических дренажных труб следует предусматривать на стеллажах или после предварительного осушения временной открытой сетью земель по трассе коллектора.

Уклон закрытого коллектора рекомендуется принимать постоянным по всей длине или увеличивающимся от истока к устью. Уменьшение уклона от истока к устью допускается во избежание заглублиения открытой сети при достаточном обосновании.

При закладке дренажа на предварительно осушенных глубокозалежных торфяниках строительный уклон коллектора следует назначать с учетом прогноза его изменения в процессе дальнейшей осадки торфяной залежи ниже dna коллектора.

Оптимальными для закрытых коллекторов являются уклоны в пределах от 0,006 до 0,015. Минимально допустимые уклоны, обеспечивающие незаиляющие скорости при безуклонной поверхности, принимаются по табл. 4.3.

Таблица 4.3. Минимально допустимые уклоны

Внутренний диаметр коллектора, мм	Минимально допустимый уклон	
	в пльвнах, пылеватых песках и супесях	в остальных минеральных грунтах и торфяниках
75,100	0,0035	0,0020
125	0,0030	0,0015
150	0,0025	0,0010
175, 200	0,0020	0,0007

Ограждающая сеть. Ограждающая сеть предназначена для защиты мелиорируемой территории и отдельных сооружений от поступления к ним поверхностных и грунтовых вод с внешнего водосбора и проектируется, как правило, по их контуру.

Ограждающая сеть может быть *нагорной, ловчей, нагорно-ловчей, береговой и кольцевой*. С помощью нагорной сети защищают территорию от поступления поверхностных вод. Ловчая сеть служит для защиты от поступления грунтовых вод, а нагорно-ловчая – от поверхностных и грунтовых одновременно. Береговая сеть предусматривается при необходимости снижения уровней грунтовых вод на территории, подтапливаемой со стороны водоемов и водотоков. Кольцевая сеть защищает небольшие земельные участки, а также подземные части зданий и сооружений от подтопления грунтовыми водами.

В зависимости от источников водного питания и расчетных расходов воды оградительная осушительная сеть проектируется в виде открытых ловчих каналов, закрытых ловчих дрен, нагорных каналов, ложбин, линейного вертикального дренажа. Ловчие каналы при глубине до 3 м допускается совмещать с нагорными каналами. В этом случае они называются нагорно-ловчими.

Закрытую сеть предусматривают при небольших водосборных площадях (не более 5 га). В зависимости от рельефа местности и формы сопряжения водотоков друг с другом ограждающая сеть может прокладываться либо по всему контуру поступления воды на территорию, либо отрезками. В первом случае она называется сплошной, а во втором – прерывистой. Если же необходимо перехватить сток воды, поступающей по тальвегу, имеющему уклоны участков к его центру, ограждающая сеть проектируется У-образной.

Ловчие каналы и дрены для перехвата подземных вод необходимо проектировать параллельно гидроизогипсам по линии выклинивания или наиболее высокого стояния грунтовых вод, вблизи подошвы склонов, по возможности в границах грунтов, не подверженных оплыванию.

Ограждающей сети может придаваться также и компенсационная функция (увлажнительная) в целях снижения зоны влияния осушения на прилегающие территории.

Глубину нагорных каналов и дрен принимают равной 1,0–1,5 м, а ловчих – 1,5–2,0 м. На торфяно-болотных почвах для определения строительной глубины необходимо учитывать осадку и сработку торфяной залежи. При этом ловчую сеть на торфяниках мощностью до 3,0 м рекомендуется врезать в подстилающие грунты. Так, в песках и супесях величина врезки должна составлять 0,3–0,5 м, а в суглинистых и глинистых грунтах – 0,2–0,3 м.

Минимальные уклоны оградительной осушительной сети должны приниматься:

- для открытых каналов – 0,0003;
- для закрытых дрен – 0,003.

На безуклонных территориях допускается принимать уклоны 0,0002 для открытых каналов и 0,002 – для закрытых дрен.

Минимальную глубину ловчих каналов и дрен для перехвата подземных вод следует назначать из условия их вреза под уровень грунтовых вод или в напорный водоносный не менее чем на 0,3 м.

Максимальная глубина определяется из условия их влияния на прилегающую к осушаемому массиву территорию.

Поперечное сечение каналов соответствует форме неравнобокой трапеции с коэффициентом заложения внешнего откоса (в сторону водосборной площади) на 0,5 больше низового. Ширина каналов по дну выбирается с учетом размера рабочего органа землеройной техники, что в минимальных пределах составляет 0,4–0,6 м. Грунт, вынимаемый при строительстве оградительных каналов, укладывают на низовую берму канала. В целях предотвращения размыва верховых откосов в пониженных местах устраивают водопропускные укрепляемые воронки.

Минимальный диаметр закрытой оградительной сети допускается не менее 0,1 м, а максимальный устанавливается гидравлическим расчетом. Однако, если расчетный диаметр получается более 0,2 м, ограждающую сеть устраивают в две или больше нитей меньшего диаметра. Для повышения эффективности перехвата воды траншейную засыпку закрытых ограждающих линий необходимо устраивать из хорошо водопроницаемых материалов. На ловчих дренах, как правило, должен устраиваться круговой гравийно-песчаный фильтр (обсыпка) толщиной 20–25 см.

При оценке ловчей сети интерес представляет зона ее воздействия на грунтовые воды или дальность ее влияния в направлении водосборной площади и в сторону осушаемого массива. Это необходимо знать для установления величины возможного понижения уровня грунтовых вод на водосборе (например, в шахтных колодцах), а также для определения положения первой дрены (от оградительной сети) на осушаемом массиве.

Увязка водотоков в вертикальной плоскости. 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.

Для того чтобы правильно установить глубины проводящих водотоков, необходимо знать общие правила их увязки в вертикальной плоскости. Исходным параметром, который определяет глубину водотока, служит норма осушения или соответствующая ей величина. С ней, как было показано ранее, связана глубина регулирующей сети. Эта характеристика также является основной при определении глубины проводящей сети. Глубина проводящих открытых коллекторов и транспортирующих собирателей принимается на 0,1 м больше глубины регулирующей сети. Такой же перепад принимается и для определения предварительной глубины закрытой проводящей сети, который затем уточняется гидравлическим расчетом.

Параметры открытой проводящей и ограждающей сетей в зависимости от размера водосборной площади принимаются конструктивно или гидравлическим расчетом. Водоводы, имеющие относительно расчетного сечения водосборную площадь до 5 км², не рассчитываются, а водотоки с водосборной площадью более 5 км² требуют гидравлического расчета.

Сопряжение в вертикальной плоскости проводящих каналов между собой и водоприемниками следует проектировать по уровням воды с учетом следующих требований для каналов:

- гидравлически рассчитываемых водотоков – «горизонт в горизонт»;
- гидравлически не рассчитываемых (для дна) – не более чем на 10 см ниже меженного (бытового) уровня в принимающем гидравлически рассчитываемом канале;
- гидравлически не рассчитываемых водотоков – «дно в дно».

Закрытую проводящую сеть различного порядка можно соединять

внахлест, впритык или с помощью специальных сооружений (смотровых колодцев). Такие же виды сопряжений применяют и на поворотах линий. Внахлест сопрягают проводящие водотоки в тех случаях, когда это позволяет сделать рельеф местности. На малоуклонных участках, когда нет возможности использовать естественный рельеф местности, трубы сопрягают впритык с использованием фасонных соединительных деталей, например, тройников.

С помощью колодцев соединяют закрытые водотоки в следующих случаях:

- когда в одной точке сходятся три и более линии;
- при наличии хотя бы одной линии диаметром 175 мм и более;
- при изменении уклона коллектора (собирателя) с большего на меньший в 2–3 раза;
- при наличии перепада между соединяемыми линиями (или участками ее) более 0,3 м.

Угол сопряжения закрытых коллекторов и проводящих собирателей друг с другом, если они соединяются внахлест или с помощью колодцев, должен превышать 45° . При уменьшении угла установка в забой землеройного механизма усложняется и качество устройства траншей в месте соединения ухудшается. Тройники позволяют сопрягать линии под углом 90° .

Место соединения труб внахлест или впритык обкладывают вкруговую стеклохолстом или пластмассовой пленкой, а при их отсутствии – мхом слоем 5–7 см (в песчаных, супесчаных и торфяных грунтах) или боем (отходами) трубок (в суглинистых и глинистых грунтах). Слой траншейной засыпки толщиной не менее 0,3 м трамбуется на протяжении 0,5 м в каждую сторону от узла сопряжения.

Если закрытая проводящая сеть пересекается с дорогой, необходимо выполнить следующие требования. На отрезке, равном ширине дороги и полосы отчуждения, должны быть применены «глухие» трубы – асбестоцементные, железобетонные на муфтах. Если для укладки сети применяют керамические трубы, стыки их должны бетонироваться. В случаях пересечения дорог на закрытой сети устраивают смотровые колодцы. Слой насыпи дорожного полотна над трубами должен быть не менее 1 м, а дно кювета должно быть выше труб не менее чем на 0,6 м.

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 м больше глубины залегания впадающего в него коллектора (рис. 4.19).

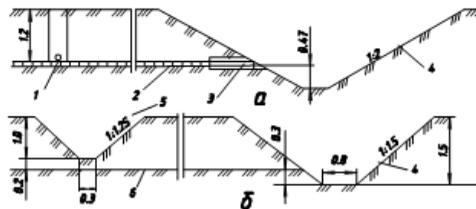


Рис. 4.19. Схема вертикального сопряжения элементов закрытой (а) и открытой (б) осушительных систем:

1 – дрена; 2 – коллектор; 3 – устье; 4 – магистральный канал;
5 – регулирующий канал; 6 – дно коллектора

Сопряжение оградительной осушительной сети с принимающими каналами следует проектировать:

- гидравлически рассчитываемых каналов – «уровень в уровень»;
- гидравлически не рассчитываемых каналов – «дно в дно»;
- гидравлически не рассчитываемых каналов с рассчитываемыми – дно впадающего канала на 0,1 м ниже расчетного среднего межженного уровня в принимающем канале.

Имея плановое расположение элементов осушительной системы, можно приступить к увязке водотоков в вертикальной плоскости и построению продольных профилей. При этом следует иметь в виду, что параметры гидравлически не рассчитываемых водотоков, которые получаются в результате вертикальной увязки, являются окончательными. Главное условие заключается в том, что они должны отвечать требованиям осушения земель.

Предварительные параметры гидравлически рассчитываемых водотоков (глубина, ширина по дну, коэффициент заложения откосов, уклоны) устанавливаются в результате увязки водотоков, соблюдая изложенные выше требования. Однако окончательные значения параметров проверяются и уточняются гидравлическими расчетами. Наглядное представление о проводящих и ограждающих водотоках дает продольный профиль. *Продольный профиль водотока* – это чертеж, представляющий продольный разрез по оси будущего водотока с

указанием впадающих элементов сети и имеющий всю информацию, необходимую для строительства данного водотока.

При построении продольных профилей следует выполнять следующие рекомендации:

- уклоны dna проводящей сети должны производиться в допустимых пределах и по возможности быть одинаковыми по всей длине;
- фактические их глубины на отдельных сечениях должны значительно отличаться от проектных.

Поперечные размеры проводящих каналов. Форма поперечного сечения проводящей сети зависит от грунтов, в которых прокладываются канал, и расчетного пропускаемого расхода воды.

Все проводящие каналы имеют, как правило, трапецидальное сечение. Трапецидальное сечение без ограничений величины расчетного расхода можно принять в устойчивых грунтах (глины, суглинки), а также в торфах со степенью разложения до 50 %. В песках, супесях, торфах со степенью разложения выше 50 % трапецидальное сечение канала можно принять для пропуска расчетного расхода до 20 м³/с.

Однако такое сечение каналов сравнительно быстро деформируется под действием различных причин: на дне и откосах появляется водная и надводная травянистая растительность; на отдельных участках каналов, где скорость движения воды мала, наблюдается отложение илистых наносов; на других участках с большими скоростями движения воды дно размывается. Заиление и размыв dna можно полностью предотвратить при правильном гидравлическом расчете каналов, т. е. не допуская в них скоростей движения воды, вызывающих эти явления.

Но наиболее сильные *деформации русла* открытых осушительных каналов происходят в результате разрушения их откосов, поэтому правильный выбор заложения откосов осушительных каналов имеет очень большое значение. При несоответствии принятого заложения откосов устойчивости данного грунта в первые же годы эксплуатации осушительной сети происходит их деформация.

Устойчивость откосов осушительных каналов зависит от связности грунта, в котором проходит канал, но еще больше – от степени его увлажнения. Откосы хорошо сохраняются, пока в грунте содержится только капиллярно-подвижная вода, но быстро разрушаются, как только в нем появляется гравитационная вода. При этом вследствие неоднородности гранулометрического состава и физических свойств грунта и большой неравномерности его увлажнения разрушение откосов осу-

шительных каналов обычно проходит весьма неравномерно. Значительные по длине участки с хорошо сохранившимися откосами чередуются с участками, где наблюдается разрушение откосов различной степени вплоть до катастрофического их обвала. При этом происходит большое увеличение ширины каналов по верху и заиление их дна на высоту более 1 м.

Для гарантийного предупреждения разрушения откосов можно или на всем протяжении устроить пологие откосы, которые не разрушались бы при самых неблагоприятных свойствах грунта и условиях его увлажнения, или заранее предусмотреть капитальное крепление откосов на всем протяжении канала. Однако в обоих случаях стоимость строительства проводящих каналов будет сильно и неоправданно завышена.

Поэтому при строительстве проводящих каналов принимают заложение откосов, обеспечивающее устойчивость их при средних условиях увлажнения данного грунта, с таким расчетом, что после обнаружения участков с неустойчивыми откосами они будут закреплены с помощью специальных сооружений.

Рекомендуемые значения заложения неукрепленных откосов проводящих каналов для различных грунтов приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4. Коэффициенты заложения откосов проводящих и ограждающих каналов

Грунты	Глубина канала, м		
	До 1,5	1,5–2,5	Более 2,5
Глина, суглинок тяжелый и средний, торф мощностью до 1,0 м, подстилаемый этими грунтами	1,0	1,5	1,50–1,75
Суглинок легкий, супесь, торф мощностью до 1,0 м, подстилаемый этими грунтами	1,25–1,50	1,50–1,75	1,75–2,00
Песок крупно- и среднезернистый, торф мощностью до 1,0 м, подстилаемый этими грунтами	1,5	1,75–2,0	2,0–2,25
Песок мелкозернистый, торф мощностью до 1,0 м, подстилаемый этим грунтом	1,50–1,75	2,00–2,25	2,25–2,50
Песок пылеватый	2,0	2,5	2,00–2,25
Торф со степенью разложения более 50 %	1,25–1,50	1,75	2,0
Торф со степенью разложения до 50 %	1,00–1,25	1,5	1,50–1,75

Параболическое или комбинированное сечение каналов устраивают в слабоустойчивых грунтах (песках, супесях, торфах со степенью разложения более 50 %) для пропуска расчетных расходов более 20 м³/с.

Ширина проводящих гидравлически не рассчитываемых каналов по дну принимается, как и для ограждающей сети, равной 0,4–0,6 м, а гидравлически рассчитываемых каналов устанавливается расчетом, но не менее 0,4–0,6 м. Уклон дна назначают таким же, как и у ограждающего канала. Каналам целесообразно придавать уклон, увеличивающийся к устью, что способствует возрастанию скорости движения воды и препятствует заилению каналов. Если этого сделать нельзя, дно выполняют прямолинейным по всей длине.

Грунт, который при строительстве канала вынимают землеройной техникой, разравнивается вдоль канала. Зачастую этот грунт используется для засыпки понижений и возведения насыпи дорог. Если вблизи каналов земля не используется под сельскохозяйственные угодья, кавальеры благоустраивают, создавая из них насыпи высотой до 1,5 м. При этом расстояние от бровки канала до благоустроенного кавальера должно быть не менее 5 м. Это даст возможность очищать и ремонтировать каналы с помощью машин и механизмов в период эксплуатации.

Известно, что глубина закрытого проводящего водотока определяется глубиной закладки регулирующей сети. На транзитном участке глубина его должна быть такой, чтобы слой грунта над верхом труб был не менее 1,1 м. При пересечении локальных понижений на минеральных грунтах допускается уменьшение глубины от поверхности земли до верха труб до 0,8 м. Однако, когда на тяжелых грунтах планируется проведение глубокого рыхления, глубина должна увеличиваться до 0,9 м.

Гидрологический и гидравлический расчеты проводящей сети. Ответственным этапом в проектировании осушительных систем являются гидрологические расчеты. Этими расчетами устанавливают количественные значения следующих показателей: норму годового стока, внутригодовое его распределение, расходы и объемы воды, которые необходимо пропустить через водопроводящую сеть в характерные периоды года. Гидрологические характеристики обосновываются технико-экономическими расчетами, позволяющими установить оптимальные условия работы и параметры проводящей сети с целью минимизации затрат на ее строительство.

Открытая проводящая и ограждающая сеть принимает поверхностную и грунтовую воду с осушаемой территории, а также со смежных участков водосбора. Объемы отводимой воды зависят от времени года, величины водосборной площади, типа водного питания, способа осушения.

Оценку объема влаги, стекающей по поверхности почвы или по порам грунта, проводят по модулям стока. Под *модулем стока* понимают объем воды, стекающей в единицу времени с единицы площади. В зависимости от условий поступления воды в осушительную сеть различают *модуль поверхностного стока*, *модуль дренажного стока* и *модуль внутреннего стока*.

Модуль поверхностного стока характеризует стекание воды по поверхности земли к открытой осушительной сети. Модуль дренажного стока – это количество грунтовой воды, поступающей в закрытую или открытую дренажную сеть. При внутреннем стоке вода с поверхности почвы через траншейные засыпки или другие устройства поступает в закрытую собирательную сеть. При таком поступлении поверхностная вода попадает в закрытую сеть не вся. Часть ее уходит на поверхностный сток, испарение, фильтрацию. В зависимости от интенсивности и объема поступающей воды к мелиоративным системам выделяют следующие периоды:

1. *Весенний период*, когда к мелиоративным системам поступает максимальное количество воды с осушаемой площади и с прилегающих территорий. Проводящая сеть должна обеспечить в это время такой режим, при котором исключается затопление или подтопление мелиорируемых земель после истечения установленного промежутка времени. При наличии в севообороте озимых культур выход воды на поля в год расчетной повторяемости вообще недопустим. Если в севообороте озимые отсутствуют, затопление допустимо, однако на определенный срок. Следует помнить, что в весенний период, кроме того, возникает опасность размыва каналов.

2. *Предпосевно-посевной период*. В этот период режим уровней в проводящей сети должен быть таким, чтобы к его завершению обеспечивалась расчетная предпосевная норма осушения.

3. *Летне-осенний период*, в течение которого необходимо предотвратить сверхнормативный подъем грунтовых вод за счет поддержания соответствующих уровней воды в каналах.

4. *Бытовой (меженный)*. Здесь наблюдается минимальный сток воды, при котором возможно заиливание каналов. Положение уровня бытовых вод в каналах не должно создавать подпора впадающей в них сети.

Общие требования по расчетным периодам, условиям пропуска расхода воды в руслах каналов, а также нормативная обеспеченность расчетных расходов в зависимости от сельскохозяйственного использования осушаемых земель приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5. **Общая характеристика расчетных периодов (при площади водосбора менее 20 км²)**

Сельскохозяйственное использование мелиорируемых земель	Расчетные периоды (расходы)	Условия пропуска расчетных расходов в русле каналов	Обеспеченность расчетных расходов, %
Полевые севообороты, пастбища	Весеннее половодье	В бровках	10
	Предпосевной	На 0,5–0,7 м ниже бровок	10
	Летне-осенний паводок	На 0,2–0,3 м ниже бровок	10
Сенокосы	Предпосевной	На 0,4–0,5 м ниже бровок	10
	Летне-осенний паводок	В бровках	10
Для всех видов использования земель	Среднемеженный	Без подпора выпадающей сети	50

Особую важность для расчета мелиоративной системы представляет режим формирования дренажного стока, который характеризуется модулем стока. От величины модуля дренажного стока зависят размеры дрен, режим осушения территории и, естественно, стоимость осушительной системы.

Имяются различные методы определения модулей дренажного стока. Одним из них является теоретический, когда $q_{др}$ находится по специальным формулам.

Для определения модуля дренажного стока можно также воспользоваться его зависимостью от интенсивности удаления избытка воды дренами

$$q_{др} = 116q, \quad (4.23)$$

где $q_{др}$ – модуль дренажного стока, л/с с 1 га;

q – требуемая интенсивность удаления избытка воды, м/сут;

116 – переводной коэффициент.

Для условий Беларуси определены нормативные модули дренажного стока, полученные по многолетним опытным данным (табл. 4.6).

Расчетным для определения модуля дренажного стока является весенний период 10%-й вероятности превышения (обеспеченности). В годовом разрезе обеспеченность этого стока равна 2–3 %. Это означает, что закрытый дренаж может работать с перегрузкой в

течение 7–10 сут без ущерба для сельскохозяйственных культур. Дренажная сеть должна удалить избыточную воду и обеспечить норму осушения к началу сева.

Таблица 4.6. Нормативные модули дренажного стока

Характеристика почвенного покрова и рельефа	Расчетный модуль дренажного стока (л/с с 1 га) при средних годовых осадках, мм		
	До 600	600–700	Свыше 700
1. Минеральные грунты			
Слабоводопроницаемые почвы – глины и тяжелые суглинки (частиц диаметром менее 0,01 мм свыше 50 %):			
– при уклоне поверхности более 0,01	0,4	0,5	0,6
– то же менее 0,01	0,5	0,6	0,7
– в замкнутых котловинах	0,6	0,7	0,8
Средневодопроницаемые почвы – средние и легкие суглинки (частиц диаметром менее 0,01 мм от 30 до 50 %):			
– при уклоне поверхности более 0,01	0,5	0,6	0,7
– то же менее 0,01	0,6	0,7	0,8
– в замкнутых котловинах	0,7	0,8	0,9
Хорошо водопроницаемые почвы – супеси и пески (частиц диаметром менее 0,01 мм – до 30 %):			
– при уклоне поверхности более 0,01	0,6	0,7	0,8
– то же менее 0,01	0,7	0,8	0,9
– в замкнутых котловинах	0,8	0,9	1,0
2. Торфяные почвы			
При атмосферном и безнапорном грунтовом водном питании	0,5	0,6	0,7
При грундово-напорном водном питании	0,8	0,9	1,0
Для ловчих дрен	0,8	0,9	1,0

При осушении садов модуль стока рекомендуется принимать на 0,2 л/с с 1 га больше принятого значения по таблице. Если предусматриваются (кроме закрытой сети) агромерелиоративные мероприятия (кратование и др.), то табличное значение модуля дренажного стока необходимо увеличить на 10–25 %.

Общий расчетный расход от поверхностного (Q_p) и дренажного ($Q_{др}$) стока равен их сумме:

$$Q = Q_p + Q_{др} \quad (4.24)$$

При дренировании небольших участков, но со значительными водосборными площадями, вода с которых поступает в проводящую

сеть осушительной системы, расходом дренажных вод пренебрегают. В таких условиях дренажный сток составляет всего лишь несколько процентов от общего расхода.

Гидравлический расчет водотоков осушительной системы решает несколько задач. Во-первых, с помощью гидравлического расчета проводится проверка предварительно принятых параметров канала или их уточнение (определение) по условиям пропуска заданных расходов воды в расчетные периоды. Во-вторых, он позволяет определить максимальную и минимальную скорости движения воды и сопоставить их с допустимыми на размыв и заиление.

Формулы для расчета каналов известны из курса гидравлики. Ниже излагаются основные положения методики расчета.

Гидравлический расчет проводящих каналов необходимо выполнять при площади водосбора 5 км^2 и более и расчетном расходе воды более $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$. При меньшей площади водосбора размеры поперечных сечений каналов принимаются конструктивно. Гидравлический расчет проводящих каналов на неразмывающие скорости необходимо выполнять при любой площади водосбора. Он рекомендуется в том случае, когда уклон канала превышает $0,0005$ для песчаных, $0,003$ для суглинистых и $0,005$ для глинистых грунтов.

Гидравлический расчет каналов выполняется по формулам равномерного движения воды для следующих створов:

- устьевая часть канала;
- в сечениях выше и ниже мест впадения каждого гидравлически рассчитываемого канала;
- в местах изменения уклона дна (для обоих уклонов);
- на участках с постоянными уклонами при изменении площади водосбора более чем на 20% .

В случае притока воды в проводящие каналы или поступления ее из каналов высшего порядка, что создает подпоры с изменением циркуляции потока или другие явления, влияющие на глубину и расход воды, гидравлический расчет необходимо производить по формулам неравномерного движения воды.

Параметры поперечных сечений каналов проводящей сети с расходом до $10 \text{ м}^3/\text{с}$ следует принимать с учетом рекомендаций приведенных в нормативных документах, например в ТКП.

Гидравлический расчет закрытой проводящей сети (коллекторов) имеет некоторые особенности. На рис. 4.20 показано формирование расходов по длине закрытого коллектора. Расчет можно проводить в

любом направлении от истока к устью или наоборот от устья к истоку водотока. Если расчет ведут от истока к устью, начальный диаметр d_1 должен быть известен. Им задаются из условий проектирования проводящей сети в вертикальной плоскости. По мере возрастания расхода по длине в точке A необходимо перейти на следующий диаметр d_2 .

Расход воды, который пропускает заданный диаметр d_1 , определяется по формуле Шези

$$Q_1 = \omega c \sqrt{Ri}. \quad (4.25)$$

С другой стороны, этот же расход можно выразить через модуль дренажного стока q и водосборную площадь f_1 , обслуживаемую диаметром d_1 , т. е.

$$Q_1 = qf_1. \quad (4.26)$$

Из формулы (4.26) следует, что водосборная площадь

$$f_1 = Q_1 / q. \quad (4.27)$$

Используя это соотношение, можно легко определить длину отрезка коллектора (собирателя) с заданным диаметром d_1 , т. е.

$$l_1 = f_1 / L, \quad (4.28)$$

где L – длина регулирующей дрены (ширина участка с закрытой системой).

Далее от точки A задают следующий по ГОСТу диаметр d_2 . Проводя аналогичные операции, по формуле (4.26) определяют расход Q_2 , пропускаемый диаметром d_2 . Очевидно, что общая водосборная площадь относительно диаметра d_2 определяется по формуле, аналогичной (4.27), т. е.

$$f_2 = Q_2 / q. \quad (4.29)$$

Длина коллектора L_k , включая отрезок l_1 , будет равна

$$L_k = f_2 / L. \quad (4.30)$$

А отрезок водоотвода l_2 диаметром d_2 определится как

$$l_2 = L_k - l_1. \quad (4.31)$$

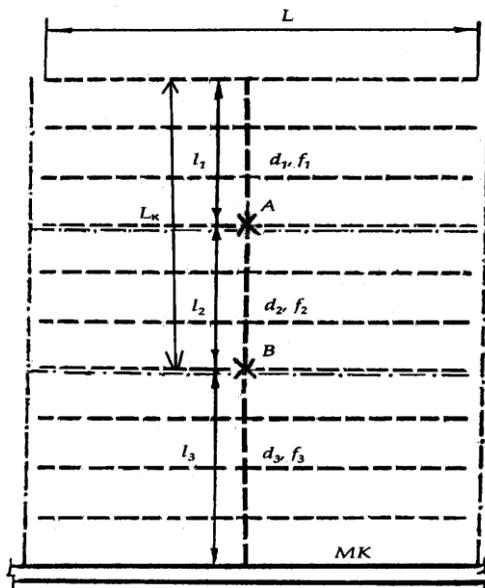


Рис. 4.20. Схема к расчету закрытого коллектора

Подобные расчеты выполняют до устья коллектора. Максимальная скорость движения воды в керамических трубах не должна превышать 1,4 м/с. Ее превышение приводит к турбулентному режиму в трубах и вымыву частиц из стыковых зазоров. Это приводит к образованию промоин, угрожающих целостности закрытой линии. Минимальная скорость движения воды составляет 0,2–0,3 м/с. При такой скорости еще отсутствует выпадение в осадок частиц грунта в трубе и обеспечивается их вынос из полости дрены водным потоком.

Скорость течения воды в коллекторе при пропуске расчетных расходов необходимо принимать в следующих пределах:

- наименьшая (незаиляющая) – 0,3 м/с;
- наибольшая (не допускающая размыв) – 1,5 м/с в керамических трубах, 3,0 м/с в пластмассовых.

При скорости течения в закрытом коллекторе, превышающей 1,5–3,0 м/с, необходимо предусматривать одно из нижеперечисленных технических решений:

- круговую обвертку дренажных труб рубероидом или полиэтиленовой пленкой;

- применение пластмассовых труб без перфорации;
- использование асбестоцементных труб, соединяемых на муфтах;
- бетонирование стыков керамических труб.

Гидравлический расчет закрытых коллекторов следует выполнять для мест:

- изменения уклона;
- соединения коллекторов различных порядков;
- поступления поверхностных вод из фильтров-поглотителей.

Нагорные каналы для перехвата поверхностных вод необходимо рассчитывать на пропуск расходов воды расчетной обеспеченности в бровках.

Ловчие каналы и дрены для перехвата поверхностных и подземных вод должны рассчитываться на пропуск расходов, определяемых на основании фильтрационных расчетов с учетом гидрогеологических условий осушаемой территории.

Гидравлический расчет ловчих дрен следует выполнять на пропуск суммарного расхода грунтовых и поверхностных вод, поступающих в дрена с прилегающего водосбора.

При расчетном диаметре ловчей дрены, превышающем 200 мм, необходимо предусматривать несколько параллельных дренажных линий меньшего диаметра, рассчитанных на пропуск суммарного расхода.

Крепление откосов и дна каналов. Если расчетная скорость движения воды в канале превышает размывающую (табл. 4.7), 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-переездов, шлюзов-регуляторов и др.). При выборе креплений необходимо проводить их сравнение и подбирать надежный и эффективный материал (табл. 4.8).

На рис. 4.21, *а* изображено крепление откосов канала хворостяным канатом, а на рис. 4.21, *б* – крепление плетневой стенкой. Длина колев 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 минеральный грунт. Диаметр колев должен составлять 5–7 см. Расстояние между ними 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.

Таблица 4.7. Допустимые неразмывающие средние скорости движения воды в канале, м/с

Показатель	Глубина потока, м		
	0,5	1,0	3,0
Песчаные грунты			
Средний диаметр частиц грунта, $d_{ср}$, мм:			
0,05	0,32	0,35	0,39
0,25	0,37	0,39	0,41
0,50	0,41	0,44	0,50
1,00	0,51	0,55	0,62
2,00	0,64	0,70	0,79
3,00	0,73	0,80	0,91
Глинистые грунты			
Расчетное удельное сцепление грунта, C_0 , кг/см ² :			
0,005	0,33	0,43	0,49
0,010	0,44	0,48	0,55
0,030	0,59	0,64	0,74
0,050	0,71	0,77	0,89
0,100	0,96	1,04	1,20
0,150	1,13	1,23	1,41

Таблица 4.8. Допустимые неразмывающие средние скорости для закрепленных русел каналов, м/с

Вид крепления	Глубина потока, м		
	0,5	1,0	3,0
Бетонная облицовка	12,5–19,2	13,8–21,2	16,0–24,6
Облицовка из каменной кладки	4,3–7,4	5,0–8,7	6,2–10,7
Каменная наброска в плетневой клетке	3,0	3,5	4,0
Мощение одиночное на слое щебня или глины (10–15 см)	2,4–3,0	2,8–3,6	3,5–4,5
Одерновка плашмя	1,0	1,25	1,5
Одерновка в стенку		1,8	2,2
Хворостяная выстилка и хворостяные покрывала на плотном основании (толщина до 50 см)		2,0–3,0	–
Деревянные лотки		10,0	14,0

С целью повышения производительности труда и снижения стоимости крепления откосов каналов принимают 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 должна состоять из клевера белого (5 кг/га), костра безостого и лисохвоста лугового (по 10 кг/га), полевицы белой, овсяницы красной и тимофеевки (по 5 кг/га).

Посев трав проводят с мая по август с таким расчетом, чтобы к зиме на откосах образовалась дернина. В засушливое время организуют их полив 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, костер 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.

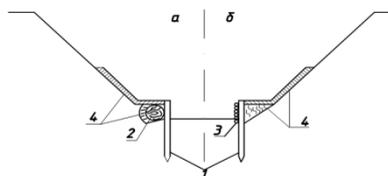


Рис. 4.21. Крепление каналов:
а – хвостятым канатом (2); *б* – плетневой стенкой (3);
1 – колья; *4* – дерн

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 РУП «Институт мелиорации» НАН Беларуси создали искусственный материал и технологию изготовления искусственной дернины-биополотна, которую назвали биоковром.

Биоковер представляет собой два тонких полотна (на синтетической или органической основе), скрепленных специальными клеящими

веществами с семенами многолетних трав между ними. Материал, используемый для его изготовления, выпускается в виде полотен шириной от 1 до 2 м как продукт, способный к биологическому разложению, полуразложению или имеет неразлагаемую основу. 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.

Биоковёр на неразлагаемой основе сохраняется более трех лет. Этого вполне достаточно для образования мощного травяного покрова, надежно защищающего откосы от ветровой и водной эрозии. Биоковёр на разлагаемой основе при разложении сохраняет незначительный остаток в виде паутинообразной сетки. Испытания биополотна показали его полную безвредность для флоры и фауны. Оно также 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.

4.6. Водоприемники осушительных систем

Типы водоприемников и требования, предъявляемые к ним.

Одним из важных вопросов проектирования осушительных систем является выбор естественного или искусственного водоприемника (водотока, водоема), куда необходимо транспортировать воду, собираемую со всей осушаемой территории. В качестве водоприемников используются реки, каналы, балки, овраги и другие водотоки и водоемы, в которые отводятся избыточные воды, поступающие из осушительной сети самотеком или с помощью механического водоподъема.

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 роль водоприемников выполняют реки и озера. От состояния их уровня зависит своевременность сброса воды с осушаемых полей. Поэтому целесообразно выбирать водоприемник таким, чтобы уровни расходов воды 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.

К водоприемникам, используемым в естественном состоянии или отрегулированным, предъявляются следующие требования:

- обеспечивать сброс воды из осушительной сети без подпора во все расчетные периоды без ущерба для других целей хозяйственного использования водотока или водоема;

- не затоплять осушаемые земли летне-осенними паводками, а при затоплении не превышать допустимый срок для намечаемых к посевам культур;

- иметь пропускную способность или емкость, позволяющую своевременно отводить или принимать избыточные воды с осушаемой площади в соответствии с расчетными требованиями;

- не вызывать ухудшения водного режима земель, расположенных ниже по течению от массивов осушения, после сброса в них дренажных вод;

- иметь устойчивое русло и прочные берега.

Как в предпосевной, так и в летний период 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, что-

бы исключить их размыв, заиление и выход в связи с этим водотока из строя.

Мероприятия по регулированию рек-водоприемников. Если водоприемник не отвечает одному из перечисленных требований, то следует предусматривать откачку воды насосами или, при необходимости, устройство оградительных дамб. Понижение уровня воды в водоприемнике допускается в тех случаях, когда это не противоречит требованиям охраны окружающей природной среды.

По ряду причин в русле появляется значительная 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, труб переездов) и остатки старых сооружений. Все это уменьшает водопрпускную способность водоприемника. Уровни воды в таких водотоках стоят высоко и могут создавать подпор для впадающих каналов.

К существенному вмешательству в естественный режим функционирования водоприемников прибегать можно только в крайних случаях. Поэтому водоприемники, которые в естественном состоянии не удовлетворяют 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 расположенном ниже участке реки, но также иметь запас воды для увлажнения земель, создавать зоны отдыха, украшать 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 и имеют коэффициент извилистости более 1,5, зыбкие малодоступные берега, незначительные поперечные сечения и большую заиленность. Водотоки, проходящие по минеральной пойме и 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 (рис. 4.22). 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.

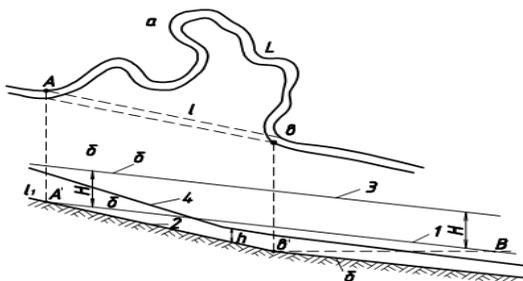


Рис. 4.22. Схема спрямления русла реки:
a – план; *б* – продольный профиль; 1, 2 – дно до и после регулирования; 3, 4 – уровень воды до и после регулирования

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 каналов 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 быть созданы благоприятные условия для проживания рыб и различных земноводных. Поэтому его трасса не должна быть прямолинейной, со строго очерченными параметрами. В настоящее время проектируют водоприемники с искусственным созданием ям, извилин, позволяющих максимально приблизить его к местным условиям.

Мероприятия по регулированию рек-водоприемников включают: понижение 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. К основным видам работ относят спрямление русла, расчистку и углубление его, выправительные работы в русле.

Расход реки-водоприемника и объем речного стока изменяются в зависимости от водности (засушливости) года и являются непостоянными. 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 $\frac{1}{3}-\frac{1}{4}$ 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 следующее:

- 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.

Регулирование рек путем спрямления не допускается при ширине поймы до 400 м независимо от ее природных особенностей. При разработке проектов осушения спрямление русел и ручьев применяется для сильно заболоченных пойм с коэффициентом извилистости рек более 1,5 и имеющих длину до 50 км и небольшие размеры поперечного сечения (ширина по верху до 25 м, глубина до 2 м), с межнным расходом не более 2,0 м³/с и уклоном свободной поверхности потока 0,0001 в сочетании с комплексом природоохраных мероприятий.

Реки и ручьи, имеющие коэффициент извилистости русла менее 1,5, а также устойчивые и достаточные параметры русла для пропуска расчетных расходов, следует оставлять в естественном состоянии или спрямлять частично отдельные излуины при соответствующем обосновании.

При регулировании водоприемников необходимо:

- предусматривать выделение природоохраных прибрежных полос и водоохраных зон в соответствии с действующими нормами;
- сохранять с соответствующими охранными зонами памятники природы и археологии, места обитания животных и произрастания растений, занесенных в Красную книгу, нерестилища;
- предусматривать при прохождении регулируемого водоприемника по землям сельскохозяйственного использования благоустройство приустьевых полос (берм) шириной 2 м, прилегающих к обеим бровкам;
- предусматривать на участках, расположенных недалеко от населенных пунктов, благоустройство мест отдыха населения, сохраняя или улучшая, по возможности, естественное состояние водоприемника и прилегающий ландшафт.

При использовании в качестве водоприемника реки или озера в естественном состоянии необходимо предусматривать их защиту от заиления и загрязнения путем устройства на впадающих каналах осушительной системы:

– отстойников для очистки вод, загрязненных взвешенными веществами;

– биологических прудов, прудов-отстойников с посадкой высшей водной растительности, биоплато, ботанических площадок для биологической очистки вод, загрязненных биогенными веществами сверх предельно допустимых концентраций.

При проектировании водоприемников необходимо их трассу располагать, как правило, параллельной коренным берегам поймы по наиболее низким элементам рельефа и минерального дна торфяной залежи, не допуская отклонений более 30 % от основного направления движения весеннего потока по пойме и от существующего русла.

Пересечение проектной трассы водоприемника с существующими и вновь проектируемыми шоссевыми и железными дорогами, подземными коммуникациями следует предусматривать, как правило, под прямым углом или под углом, близким к прямому.

Не следует допускать пересечение трассы водоприемника с существующими мелкими озерами. Связь озера с водоприемником следует предусматривать с помощью специальных водоподводящих и водоотводящих каналов и регулирующих сооружений.

Радиусы закруглений поворотов водоприемников с расчетным расходом воды более 5 м³/с, используемых в мелиоративных целях, определяются по специальным формулам.

4.7. Осушение пойменных земель

Виды пойм. Под поймой понимается часть дна долины реки, затопляемая во время паводий и паводков. Она формируется в результате отложения переносимых потоком воды наносов в ходе плановых деформаций русла реки. Различают поймы двусторонние, односторонние и чередующиеся. В поперечном сечении поймы выделяют следующие части: прирусловую, центральную и притеррасную.

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 затапливаемых территорий заносятся рыхлопесчаными отложениями, которые существенно снижают плодородие пойменных земель. По-

этому 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 затапливаются на длительное, в маловодные – на непродолжительное, 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 водосточника для увлажнения, а также ряд показателей, характеризующих природные условия мелиорируемой поймы.

Способы защиты пойм от затопления. 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.). В строительные противопаводковые мероприятия включают размещение строений и посевов ценных культур вне затопляемых земель, своевременный прогноз паводков, извещение 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 со-

вокупность гидромелиоративных сооружений, предназначенных для регулирования водного режима на периодически или постоянно затопляемых землях.

Отличительным элементом польдерной системы являются дамбы обвалования. Их 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 направлении движения паводковых вод. Если русло реки извилистое, радиусы закруглений R_0 дамб определяют по формулам

$$R_0 = 45R \sqrt[3]{B} - B, \quad (4.32)$$

$$R_0 = 100R^{1.5}, \quad (4.33)$$

где R – гидравлический радиус поперечного сечения реки при пропуске расчетного расхода воды, м;

B – ширина русла реки по урезу воды, м.

За расчетный принимают наибольший из полученных по формулам (4.32) и (4.33).

Отметку гребня *незатопляемых дамб* (рис. 4.23, а), относящихся к IV классу сооружений, определяют дважды: на уровне воды 5%-й и 1%-й обеспеченностей максимального весеннего половодья (возможно, и летне-осеннего паводка). Для основного расчетного случая отметку гребня таких дамб определяют по формуле

$$H_r = H_{5\%} + \Delta h_{5\%} + h_n + a, \quad (4.34)$$

а для поверочного расчетного случая – по формуле

$$H_{\Gamma} = H_{1\%} + \Delta h_{1\%} + h_{н1}, \quad (4.35)$$

где $H_{5\%}$ и $H_{1\%}$ – отметки уровня воды максимального паводка соответствующей обеспеченности, м;

$\Delta h_{5\%}$ и $\Delta h_{1\%}$ – высота нагона воды, м;

$h_{н}$ и $h_{н1}$ – высота наката волны, м;

a – величина запаса, равная 0,5 м.

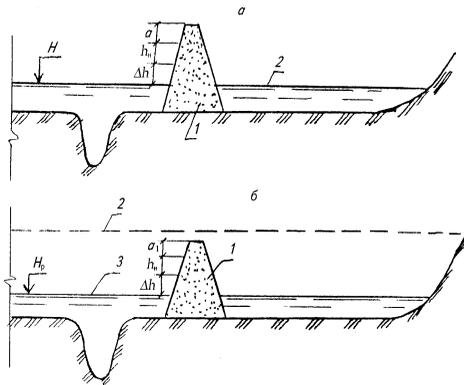


Рис. 4.23. Схемы к расчету отметки гребня дамбы:
 а – незатапливаемой (зимней); б – затапливаемой (летней);
 1 – дамба; 2 – уровень воды максимального (весеннего) паводка;
 3 – уровень летне-осенних паводков

Отметку гребня *затапливаемых дамб* (летних) (рис. 4.23, б) находят по зависимости

$$H_{\Gamma} = H_{p} + \Delta h + h_{н} + a_1, \quad (4.36)$$

где H_p – отметка уровня воды летне-осеннего паводка, м;

Δh и $h_{н}$ – высота нагона воды и наката волны на дамбу, м;

a_1 – величина запаса, равная 0,3 м.

Отметку уровня воды летне-осенних паводков при использовании земель под сенокосы принимают 10%-й обеспеченности, а при использовании под пастбища – 5%-й.

Высоту нагона воды Δh (в метрах) находят по зависимости

$$\Delta h = 2 \cdot 10^{-6} \frac{V_{10} \cdot L_B}{g \cdot H_B} \cos \alpha_B, \quad (4.37)$$

где V_{10} – максимальная расчетная скорость ветра на высоте 10 м над уровнем водоема, м;

L_B – длина разгона ветровой волны, м;

H_B – средняя глубина водоема по направлению разгона, м;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

α_B – угол между господствующим направлением ветра и направлением максимальной длины разгона волны.

Высоту наката h_n определяют по специальным строительным нормативам.

Поперечное сечение оградительных дамб принимается в виде трапеции. Такая форма удобна в эксплуатации и обеспечивает ее достаточную устойчивость. Коэффициент заложения откосов дамб зависит от грунтов и принимается по табл. 4.9.

Таблица 4.9. Коэффициенты заложения откосов для незатапливаемых и затапливаемых дамб обвалования высотой до 3 м

Грунты	Заложение откосов дамб	
	верхового	низового
Глинистые	1,5–2,5	1,5–2,5
Песчаные	2,0–3,0	1,5–3,0

Откосы дамб крепят одерновкой, посевом многолетних трав или другими приемлемыми способами (например, с помощью биоковров).

Ширина гребня дамб обычно принимается не менее 4,5 м и зависит от условий производства работ и эксплуатации польдерной системы. Гребень дамбы профилируют под уклон 0,05 в обе стороны от оси дамбы. Если по дамбе предусматривается дорога, то ширина гребня дамбы принимается в зависимости от класса дороги. Эксплуатационные дороги располагают вдоль основания дамб во избежание увеличения нагрузки на сооружение.

В затапливаемых дамбах летних польдеров во избежание их размыва необходимо предусматривать шлюзы-регуляторы двухстороннего действия и водосливы-прорези. Через шлюз-регулятор сбрасывают самотеком паводковые воды, а при необходимости его используют для самотечной подачи воды из водоприемника на увлажнение осушаемых земель польдера.

Водосливы-прорези служат для заполнения затопляемого польдера водами весеннего паводка по мере подъема уровня воды. Они позволяют исключить перелив воды через гребень дамбы и размыв ее тела. Отметка порога водослива-прорези должна приниматься равной отметке расчетного уровня летне-осеннего паводка. Минимальную ширину водослива-прорези на летних польдерах рассчитывают по формуле расхода для незатопленного водослива с широким порогом.

Для того чтобы снизить отрицательное воздействие водного потока на дамбы, место для водослива-прорези выбирают там, где дамба имеет минимальную высоту, а земля покрыта мощной дерниной. Тип крепления гребня и откосов водослива-прорези выбирают исходя из величины скорости перетекаемой воды.

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 (рис. 4.24). 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.

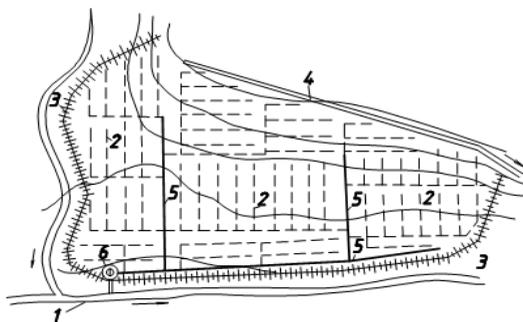


Рис. 4.24. Польдерная осушительная система:
 1 – водоприемник; 2 – регулирующая сеть; 3 – дамба обвалования;
 4 – оградительный канал; 5 – проводящая сеть; 6 – насосная станция

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 нем. На летних польдерах дамбы обвалования и, естественно, 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; на польдере отсутствуют жилые и производственные постройки; 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 планируемых к возделыванию видов трав. Для рек Белорусского Полесья

при использовании засеваемых земель под травы можно применять весенние польдеры, когда продолжительность весеннего затопления 15%-й 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

Отличительным элементом польдерной системы являются дамбы обвалования. Их 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.

4.8. Осушительно-увлажнительные системы

Способы увлажнения земель. 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 способами.

Под увлажнением обычно понимают подачу дополнительной влаги растениям по почвенным капиллярам от источника влаги, находящегося

ся в почве. Различают следующие способы увлажнения: внутрпочвенное 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. Необходимость и возможность строительства систем двустороннего действия следует устанавливать на основании анализа природных условий зоны строительства, сельскохозяйственного использования площадей, составляющих водного баланса корнеобитаемого и подстилающих почвогрунтов, экономических, социальных и экологических условий.

Самой простой реализацией осушительно-увлажнительной системы является шлюзование одиночных открытых водотоков (проводящих каналов) и через них – регулирующей сети (рис. 4.25). Для повышения эффекта увлажнения выполняют также дополнительные мероприятия, способствующие более интенсивному и равномерному увлажнению корнеобитаемого слоя от уровня грунтовых вод.

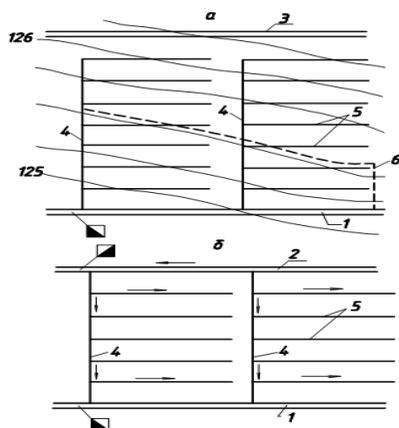


Рис. 4.25. Шлюзование с помощью системы открытых каналов:
a – за счет вод с собственного водосбора; *б* – с подачей воды с гарантированного водоисточника; 1 – магистральный канал; 2 – водоподводящий канал; 3 – оградительный канал; 4 – открытые коллекторы; 5 – регулирующая сеть; 6 – контур гарантированного увлажнения

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 нужный объем воды, который постепенно используется на увлажнение не только в начале весны, но и, насколько это возможно, в период вегетации растений. При предупредительном шлюзовании используются воды, стекающие с водосбора мелиоративного объекта (так называемый местный сток).

Гарантированное увлажнение – это поддержание уровня грунтовых вод на заданных отметках с целью регулирования влагозапасов зоны аэрации в соответствии с требованиями растений. Оно проводится путем аккумуляции стока с собственного водосбора, а также подачи 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 *циклической подаче воды* осуществляется периодическое поднятие уровня грунтовых вод до установленных отметок, соответствующих верхнему оптимальному положению в расчетный период. Циклическую 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 проводят агрометрио-

ративные мероприятия, 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 оперативно 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 расположенного выше водотока, то в верховье коллектора устанавливают водоприемный колодец (рис. 4.26).

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 устанавливают сорозадерживающую решетку. В целях исключения повреждения дрен-увлажнителей в зимний период увлажнительный коллектор может соединяться с дренами-увлажнителями сверху в одной плоскости или иметь самостоятельный сброс при консервации системы на зиму.

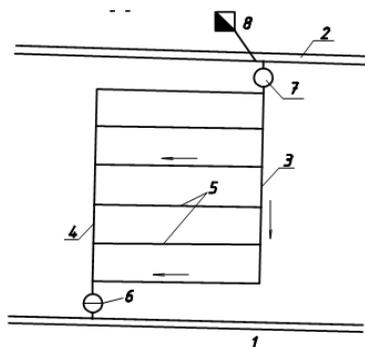


Рис. 4.26. Осушительно-увлажнительная система с подачей воды в истоки закрытой регулирующей сети:

- 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

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.

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

Для контроля водного режима на осушительно-увлажнительных системах необходимо предусматривать сеть наблюдательных скважин и средств измерения расходов и уровней воды в водотоках, применение средств автоматизации.

Водооборотные системы. Прогрессивным направлением в развитии гидромелиорации является создание водооборотных систем (рис. 4.27). 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. 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 др.

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 недостатком этих систем является некоторая расточительность электроэнергии, существенные затраты на строительство прудов и насосных станций.

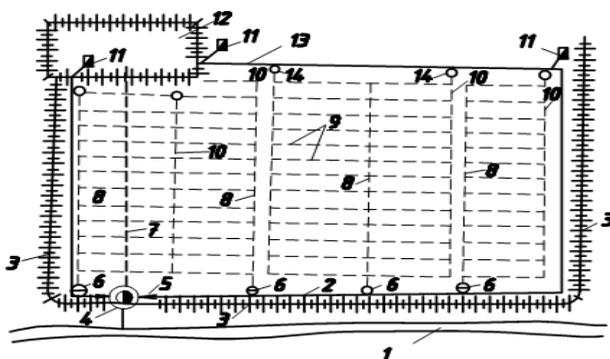


Рис. 4.27. Схема водооборотной мелиоративной системы:
 1 – водоприемник; 2 – магистральный канал; 3 – дамбы; 4 – насосная станция;
 5 – аккумулирующая емкость; 6 – колодцы-регуляторы; 7 – напорный
 трубопровод; 8 – коллекторы; 9 – дрены-увлажнители; 10 – увлажнительные
 распределители; 11 – шлюзы (трубы)-регуляторы; 12 – наливной водоем;
 13 – подводящий канал; 14 – водоприемные колодцы

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

Конструкций водооборотных систем предложено достаточно много. Известны польдерные системы водооборотного типа, дренажно-оросительные водооборотные системы с коллекторами и дренажно-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.

При проектировании водооборотных систем основное внимание уделяется согласованию расхода воды, потребляемого для орошения, объема местного стока и накопительных емкостей. Для обеспечения гарантированного 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.

4.9. Специальные виды осушения

К специальным видам осушения относят вертикальный дренаж, осушение земель несельскохозяйственного назначения и др.

По целевому назначению и правовому режиму выделяют несколько категорий несельскохозяйственных земель:

- земли поселений;
- земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, обороны и иного специального назначения;
- земли особо охраняемых территорий и объектов природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного и научного назначения;
- земли лесного фонда и др.

В данном разделе рассматриваются особенности мелиорации земель сельских поселений, осушения болот с целью добычи торфа, водоотвод и дренаж на аэродромах и стадионах, мелиорация земель лесного фонда.

Вертикальный дренаж – один из способов проведения 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, заложённых 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. 4.28).

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

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

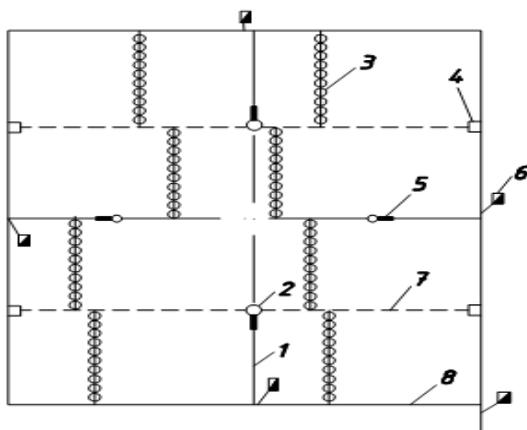


Рис. 4.28. Схема осушительно-увлажнительной системы на базе вертикального дренажа:

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

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 с его использованием производится на объектах грунтового и грунтово-напорного водного питания, на постоянно подтапливаемых землях со стороны водоемов и водотоков.

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, ли-

нии электропередач, пункты и средства управления автоматики, телемеханики и связи. Осушительно-оросительные системы дополнительно включают дождевальные агрегаты, аккумулирующие бассейны и напорные трубопроводы.

Мелиорация земель сельских поселений. 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 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 заиливания 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, суглинках – 1,0, глинах – 1,5 м/с. Каналы и лотки рассчитывают на пропуск максимальных расходов весеннего или летне-осеннего паводка 10%-й обеспеченности.

Организацию стока поверхностной воды внутри участков осуществляют путем соответствующей планировки улиц, проездов. Продольные уклоны улиц и проездов на территориях промышленных предприятий должны находиться 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 территории

ях животноводческих комплексов. Открытая сеть состоит из ряда неглубоких каналов или лотков-собирателей поверхностных вод и магистральных каналов. На улицах и проездах поверхностные воды отводятся по кюветам. Каналы-собиратели или кюветы должны быть глубиной не менее 0,5 м (максимальная глубина устанавливается из условий рельефа местности, расходов воды и не должна превышать 2,0 м). Они имеют трапецеидальное 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 ливнестоков 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. 4.29).

Дождеприемные колодцы устраивают по обеим сторонам улиц через 50–150 м по длине в зависимости от характера профиля их трассы. 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 магистрального – до 900 мм.

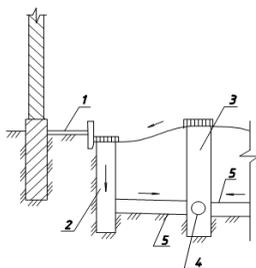


Рис. 4.29. Закрытая ливнесточная система:
 1 – тротуар; 2 – дождеприемный колодец;
 3 – смотровой колодец с крышкой; 4 – магистральный
 (главный коллектор); 5 – соединительный коллектор

Для устройства коллекторной сети применяют асбестоцементные, железобетонные и бетонные трубы. Верх трубы должен находиться на глубине не менее 1,5 м, а их основание заглубляться под уровень промерзания грунта. Минимальные уклоны дна коллекторов составляют 0,004–0,005. При проектировании водосточной сети территория населенных пунктов 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.

К существенному изменению водного режима приводит подтопление территорий, которое 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, а также 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 территории 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 возможные изменения 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 созданием 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 также относят уплотнение грунта при обратной засыпке, которое необходимо для предупреждения конденсации водяных паров в основании зданий и сооружений. Эту задачу можно решить и путем применения вентиляционного дренажа.

К *защитным* мероприятиям относят: искусственное повышение поверхности застраиваемой территории; защиту отдельных зданий и сооружений; устройство гидроизоляции, пристенного, пластового и контурного дренажей, 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 вновь создаваемой поверхности назначается такой, чтобы уровень грунтовых вод не подтапливал сооружения. Для отсыпки используют местный грунт, который через каждые 15–20 см уплотняют. Гидроизоляция применяется для защиты подземных частей зданий и сооружений от воздействия грунтовых вод и 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.

Пристенный дренаж применяют при неглубоком залегании водопора. Он служит для перехвата притекающих к сооружению грунтовых вод (рис. 4.30). В качестве дренажных применяют пористые трубы.

Пластовый дренаж устраивают при глубоком залегании водопора. Он принимает воду всей своей фильтрующей гравийной засыпкой, которая отводится дренажной трубой.

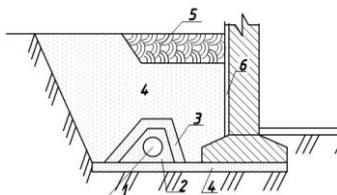


Рис. 4.30. Пристенный дренаж:
 1 – труба; 2 – гравий; 3 – крупнозернистый песок;
 4 – песок; 5 – засыпка местным грунтом;
 6 – оклеечная гидроизоляция.

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 залегают 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, пластмассовые трубы, а также трубы с пористыми стенками – трубофильтры. Асбестоцементные безнапорные трубы используют 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 составляет 1 м. Их применяют при устройстве дренажа на глубинах 2,5–12 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 трубы 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 сетей. В грунтовых теплицах обычно сеть состоит из нескольких параллельных дренажных полиэтиленовых или керамических труб с диаметром 65–75 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 его ширины. В современных тепличных комбинатах по объему дренажа (до 30 %) судят о необходимости прекращения полива и подачи субстрата растениям.

Осушение болот для добычи торфа. Добывающая промышленность – это одна из областей природопользования, отрасль, занимающаяся изъятием природного вещества в виде сырья из недр земли, одной из разновидностей которой является осушение болот для добычи торфа.

Торф широко используется в народном хозяйстве (химическая промышленность, медицина, производство строительных материалов, сельское хозяйство). В Беларуси торф пока еще является одним из топливных компонентов, на основе которого производят брикеты. Его применяют для приготовления органических удобрений, торфяной подстилки скоту и т. д.

В состав торфа входит ряд питательных элементов. Особенно значительное их количество содержится 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 и происходит уплотнение торфяной залежи до эксплуатационного значения, понижается уровень грунтовых вод, повышается выход воздушно-сухого торфа и создаются условия для прохождения торфяных машин. Этого эффекта достигают с помощью осушительной системы.

Осушение торфоплощадок проводится по следующей 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 составляет 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 находиться 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 состоит из трех стадий:

- 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 выполняется торфоуборочными бункерными комбайнами. Однако не исключается заготовка торфа при помощи 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 вырывать до дна не менее чем на 0,5 м, а для прудового хозяйства – не менее чем на 0,15 м.

Водоотвод и дренаж на аэродромах и спортивных площадках. 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. При атмосферном водном питании 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, то за параметры сети принимают расстояние между дренами – глины и средние суглинки – 4–8 м, суглинок легкий и супесь – 8–12 м, а глубину дрен – в пределах 1,1–1,3 м.

Длина регулирующей сети может достигать 100 м при уклонах 0,005–0,010; закрытая проводящая может проектироваться длиной до 1000 м при уклонах 0,005 – 0,010.

Для защиты летного поля от притока воды извне устраивают огражденную сеть – нагорные, ловчие каналы или дрены. 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. Из сбросного коллектора вода попадает в ливнесточную сеть.

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 почву – 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 их осушение. 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 м³ с 1 га, а иногда повышается даже до 10 м³. 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 расстоянием 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, почвогрунтовые условия, наличие кварталных 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 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 м до 40 м на верховых болотах. От-

крытые элементы осушительной сети и 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.

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.

4.10. Гидротехнические сооружения и дороги на осушительной и осушительно-увлажнительной системах

Классификация гидротехнических сооружений. 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 регулируемыми 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 – наблюдатель-

ные 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 средством. 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. Они 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.

Сооружения для сопряжения потоков. К данному виду сооружений относится *дренажное устье*. 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. Значительное распространение получила облегченная конструкция устья, которая выполняется из полиэтиленовых труб. Такая конструкция показана на рис. 4.31.

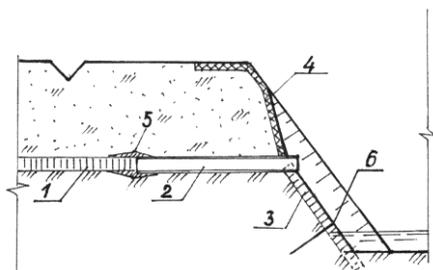


Рис. 4.31. Сборное дренажное устье из полиэтиленовых труб:
1 – гофрированная дренажная труба; 2 – устьевая полиэтиленовая труба;
3 – водосбросной лоток-гаситель; 4 – одерновка;
5 – эластичная соединительная муфта; 6 – анкер

Достоинством этой конструкции является то, что дренажное устье

собирается из лотков одного вида. На дно траншеи укладывается лоток, который сверху накрывается таким же лотком. Под выходную часть образовавшейся трубы укладывают аналогичный лоток, который вводится под дно канала. Такое расположение не позволяет перемещаться 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 три 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 не меньше 0,9 м, чтобы не повредить сооружение при проведении глубокого рыхления. Общая конструкция смотрового колодца показана на рис. 4.32.

В большинстве случаев смотровые колодцы устраивают из железобетонных колец.

бетонных колец с минимальным диаметром 1 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, не суффозионных грунтах) с успехом могут функционировать колодцы из асбестоцементных, пластмассовых или железобетонных труб диаметром менее 1 м.

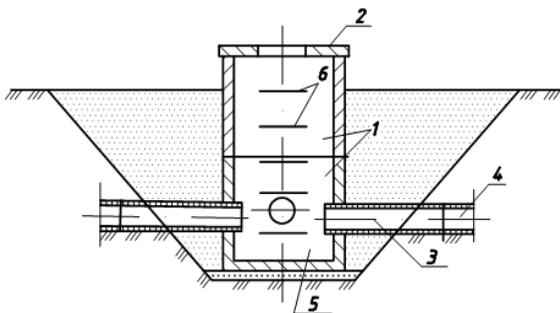


Рис. 4.32. Смотровой колодец:
 1 – железобетонные кольца; 2 – крышка (с лазом);
 3 – сопрягающие трубы (асбестоцементные); 4 – трубы
 проводящей сети; 5 – отстойная часть; 6 – ходовые скобы;
 7 – обратная засыпка

Как и для других сооружений, для изготовления колодцев необходимо применять наиболее доступные и дешевые материалы.

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.

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

Сооружения для регулирования уровней воды. 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, дросселевые, с телескопическими трубами, с шандорной стенкой и др. Применяются обычно регуляторы, которые поддерживают уровень воды на заданной отметке, а также регуляторы, которые обеспечивают динамику уровня в определенных интервалах.

На рис. 4.33 показан поплавковый регулятор уровня воды с гибким клапаном, который устанавливается в железобетонном колодце.

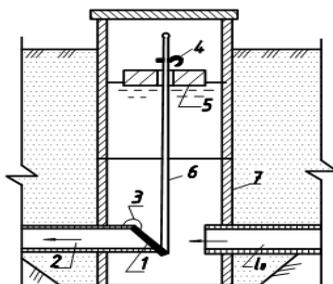


Рис. 4.33. Регулятор уровня воды в смотровом колодце:
1 – гибкий клапан; 2 – отводящий коллектор; 3 – шарнир;
4 – фиксатор; 5 – поплавок; 6 – шток; 7 – колодец;
8 – подводящий коллектор

Уровень воды задается установкой фиксатора на штоке регулятора. Вместе с подъемом воды поднимается и 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.

Шлюзы-регуляторы и трубчатые регуляторы-перезезды 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. 4.34).

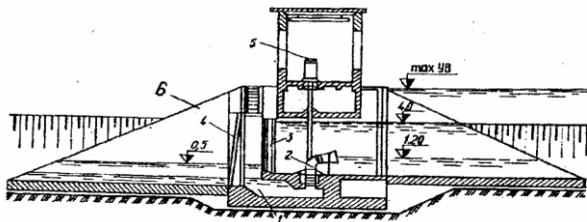


Рис. 4.34. Польдерная насосная станция совмещенного типа:
 1 – всасывающий узел; 2 – насос; 3 – шлюзовые ворота;
 4 – сороудерживающая решетка; 5 – электродвигатель;
 6 – оградительная дамба

Переездные сооружения и дороги. Мосты строят на открытых каналах с расходами более $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$, а трубы-переезды – менее $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Нормальное функционирование осушительной системы и эффективное использование осушаемых земель возможны только при наличии дорог. По своему назначению дороги делятся на следующие группы: межхозяйственные, соединяющие хозяйства с районными центрами, станциями железных дорог и т. д.; внутрихозяйственные, соединяющие центральную усадьбу с межхозяйственными дорогами, отделениями и т. д.; эксплуатационные, обеспечивающие осмотр, уход и ремонт осушительной системы и вывоз сельскохозяйственной продукции; полевые, соединяющие отдельные поля севооборота с основными эксплуатационными, внутрихозяйственными и межхозяйственными дорогами и предназначенные для вывоза урожая с полей, развозки удобрений, проезда сельскохозяйственной техники.

Расположение дорог, особенно внутрихозяйственных, должно быть увязано с расположением осушительной сети, а их протяженность быть 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 шириной 1–1,2 м, нарезаемыми с обеих сторон. Ширину дорог принимают не менее 7 м, чтобы обеспечить проезд сельскохозяйственных машин и агрегатов. Полотна крупных дорог укрепляют гравием, щебнем и др. (рис. 4.35).

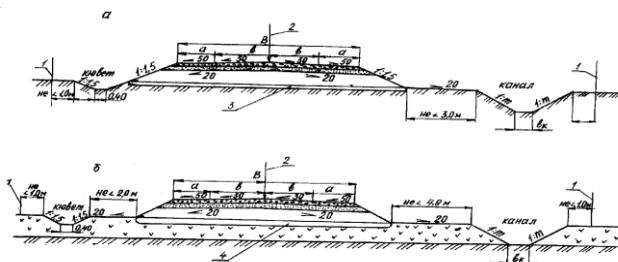


Рис. 4.35. Конструктивные поперечные профили дорожной одежды и земляного полотна:
a – на минеральных грунтах; *б* – на торфяных грунтах;
 1 – граница отвода; 2 – грунт земляного полотна; 3 – снимаемый растительный грунт; 4 – осадка торфа

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

Протяженность полевых дорог на 1 км² 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.

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.).

4.11. Эксплуатация и реконструкция осушительных систем

Эксплуатация осушительных систем. Хорошо налаженная и четкая эксплуатация мелиоративных систем, осуществляемая по заранее разработанным планам и тесно связанная с агротехническими меро-

приятными по правильному использованию мелиорируемых земель, является важнейшим условием ведения сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях. Это обеспечивает достижение 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. Важнейшими видами эксплуатационных работ являются:

- прием в эксплуатацию мелиоративных и водохозяйственных объектов;
- водораспределение, регулирование водного режима почв;
- надзор за мелиоративной системой;
- технический уход за мелиоративной системой;
- ремонт на мелиоративных системах;
- противопоаводковые и противопожарные мероприятия и др.

Эксплуатация 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 исправном 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 выполнения 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 выполнения 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 и они заиливаются. В результате осадки торфа после осушения поперечные сечения каналов деформируются, изменяется их продольный уклон, образуются перекаты и т. д.

На системах, осушаемых закрытым дренажем, часто наблюдаются повреждение и заиливание 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.

Характеристику повреждений и деформаций мелиоративной системы проводят раздельно по межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, а состояние системы – по отдельным элементам. По каждому элементу определяют виды и объемы деформаций.

Наиболее распространенным видом деформации открытой сети является зарастание травяной и сорной растительностью. При этом окашиванию подлежат откосы и бермы каналов. Для определения площади окашивания можно пользоваться схемой, приведенной на рис. 4.36.

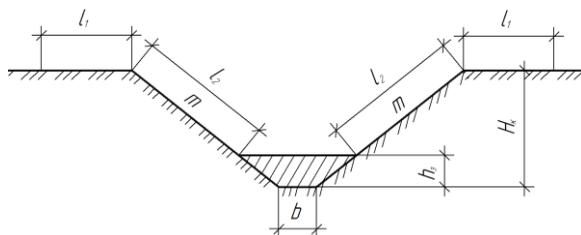


Рис. 4.36. Схема к определению объемов заиливания и зарастания открытой сети

Площадь окашивания каналов от травяной и сорной растительности определяют по следующим формулам:

$$F_{\text{ок}} = l_{\text{ок}} L_{\text{кан}}, \quad (4.38)$$

$$l_{\text{ок}} = 2(l_1 + l_2), \quad (4.39)$$

где l_1 – ширина бермы, которая принимается в зависимости от габаритов канала ($l_1 = 1-2$ м);

$F_{\text{ок}}$ – площадь окашивания канала, м^2 ;

$l_{\text{ок}}$ – ширина полосы окашивания, м;

l_2 – ширина окашиваемого откоса, определяемая по формуле

$$l_2 = \sqrt{(H_{\text{к}} - h_3)^2 + [m(H_{\text{к}} - h_3)]^2}. \quad (4.40)$$

Объем заиления (м^3) определяют по формуле

$$W_3 = \omega_3 L_{\text{кан}}, \quad (4.41)$$

где ω_3 – площадь заиления поперечного сечения канала, м^2 ;

$L_{\text{кан}}$ – длина канала, м.

$$\omega_3 = (b + mh_3)h_3,$$

где h_3 – высота заиления в канале, определяемая по формуле

$$h_3 = h_3^{\text{год}} \cdot N,$$

где $h_3^{\text{год}}$ – слой заиления за 1 год эксплуатации, м;

N – продолжительность эксплуатации системы, лет.

Для определения объемов работ при зарастании канала древесно-кустарниковой растительностью необходимо пользоваться расчетной схемой, приведенной на рис. 4.37.

Площадь, на которой будет удалена древесно-кустарниковая растительность, рассчитывается по формуле

$$F_{\text{отк}}^{\text{ДКР}} = A \cdot L_{\text{кан}}, \quad (4.42)$$

где A – периметр сечения канала, подверженный зарастанию, м;

$L_{\text{кан}}$ – длина участка канала, подверженная зарастанию, м.

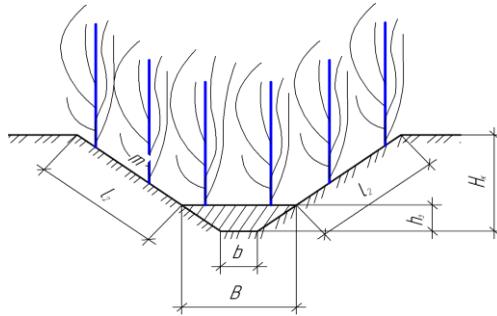


Рис. 4.37. Схема для определения объемов работ по сводке древесно-кустарниковой растительности на канале

Периметр сечения канала, подверженный зарастанию, определяется по следующим формулам:

$$A = 2l_2 + B;$$

$$B = b + 2mh_3.$$

Разрушение крепления откосов канала происходит по разным причинам. При определении объемов работ по данной деформации устанавливают количество откосов, на которых произошло разрушение крепления, и площадь, подверженную разрушению.

Площадь разрушения крепления откосов определяется по формуле

$$F_{\text{отк}} = l_{\text{ср}}^{\text{отк}} \cdot n \cdot L_{\text{кан}}, \quad (4.43)$$

где $l_{\text{ср}}^{\text{отк}}$ – средняя ширина откоса, подверженного разрушению (принимается от 0,9 до 1,6 м);

n – количество откосов;

$L_{\text{кан}}$ – длина участка канала, на котором произошла деформация, м.

При размыве откосов канала сосредоточенным поверхностным стоком объем грунта, подвергшийся размыву, определяется по формуле

$$W_p = \left(\frac{h_p^2 b_p}{2} + \frac{h_p^3 m}{3} \right) \frac{m_1 - m}{m_1}, \quad (4.44)$$

где b_p – ширина размыва по дну, м (0,15–0,25 м);

h_p – глубина размыва, м (рис. 4.38), определяемая как $h_p = H_k - h_3$;

m – коэффициент заложения откоса канала;
 m_1 – коэффициент заложения полосы размыва, принимаемый в зависимости от заложения откоса канала (табл. 4.10).

Таблица 4.10. Величина заложения полосы размыва (m_1) в зависимости от заложения откоса канала (m)

m	1,25	1,5	1,75	2,0
m_1	1,4–1,75	1,7–1,85	1,9–2,1	2,15–2,35

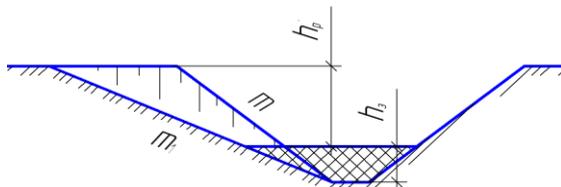


Рис. 4.38. Схема для определения объемов работ по размыву откоса

Наиболее распространенной деформацией закрытой регулирующей и проводящей сетей является заиливание их полости. Поэтому при проведении изысканий выявляют места возможных деформаций и составляют ведомость деформаций закрытой проводящей и регулирующей сетей.

Ранее было указано, что к основным видам сооружений на мелиоративных системах относятся трубы-переезды, трубы-регуляторы, смотровые колодцы и колодцы-поглотители. В процессе эксплуатации данные сооружения подвергаются заиливанию и механическому повреждению.

Объемы работ по заиливанию сооружений определяются по формулам, приведенным ниже.

Труба-переезд. Схема для определения объемов работ для трубы-переезда приведена на рис. 4.39.

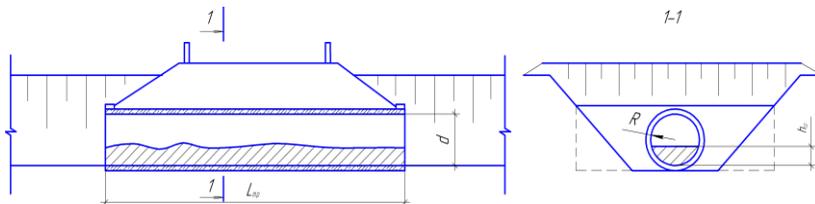


Рис. 4.39. Схема для определения объемов работ для трубы-переезда

Объем работ по заилению трубчатых сооружений можно определить по формуле

$$W = \omega_3^{\text{ТР}} \cdot L_{\text{ТР}}, \quad (4.45)$$

где $\omega_3^{\text{ТР}}$ – площадь заиления тела трубы, м²;

$L_{\text{ТР}}$ – длина трубы, м.

Площадь заиления определяется по формуле

$$\omega_3 = \frac{R^2}{2} \left(\pi \frac{\alpha}{180} - \sin \alpha \right), \quad (4.46)$$

где R – радиус трубы, м;

α – угол дуги сегмента.

$$\alpha = 2 \cos^{-1} \left(1 - \frac{h_3^{\text{ТР}}}{R} \right),$$

где $h_3^{\text{ТР}}$ – средняя высота заиления трубы, м.

Труба-регулятор. Объемы работ по заилению тела трубы определяются по формулам так же, как и для трубы-переезда. В дополнение к объемам работ по заилению тела трубы необходимо определить объемы работ по очистке рисбермы. Схема для определения объемов работ для трубы-регулятора приведена на рис. 4.40.

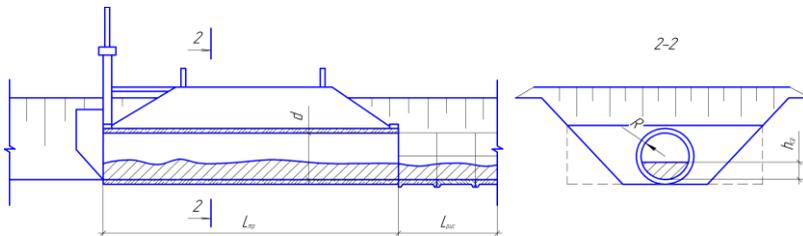


Рис. 4.40. Схема для определения объемов работ для трубы-регулятора

Объем работ по очистке рисбермы определяется по формуле

$$W = \omega_3^{\text{рис}} \cdot L_{\text{рис}}, \quad (4.47)$$

где $\omega_3^{\text{рис}}$ – площадь заиления рисбермы, м²;

$L_{\text{рис}}$ – длина рисбермы, м.

Колодцы. Деформации смотровых колодцев дренажных систем выражаются в разрушении стенок, появлении разрушений в местах входа и выхода дренажных линий, заилении, захламлении, просадке и т. д.

Объем работ по очистке от наносов смотрового колодца можно определить по формуле

$$W = \omega_3^{\text{кол}} \cdot h_3^{\text{кол}}, \quad (4.48)$$

где $h_3^{\text{кол}}$ – слой заиления, м;

$\omega_3^{\text{кол}}$ – площадь заиления, м², определяемая по формуле

$$\omega_3^{\text{кол}} = \frac{\pi d^2}{4},$$

где d – внутренний диаметр колодца, м.

Устранение деформации элементов системы. Для устранения выявленных деформаций системы подбираются соответствующие технологии и средства механизации. Производство работ на объекте начинают после прохождения паводка при минимальных уровнях воды в каналах. До начала ремонтных работ необходимо решить вопросы материального снабжения, обеспечения деталями и необходимым оборудованием. Во время ремонта следует своевременно контролировать качество работ и соблюдение техники безопасности при их выполнении.

Окашивание берм и откосов каналов. Окашивание берм каналов следует выполнять косилками АС-1, КРН-2,1 на базе МТЗ-82.1, окашивание откосов – косилками К-78 М, КРД-1,5 и РР-41 на базе МТЗ-82.1. Расстояние между ведущими колесами трактора и бровкой канала должно составлять не менее 1,0 м.

Расчетная схема для определения количества проходов косилки приведена на рис. 4.41.

Количество проходов при окашивании откоса определяется по формуле

$$n = \frac{l_2}{l_3}, \quad (4.49)$$

где l_2 – ширина окашиваемого откоса, м;
 l_3 – ширина захвата косилки за один проход, м.

Суммарная длина гона при окашивании берм каналов от травяной растительности определяется по формуле

$$L_T^{\text{бер}} = 2L_K, \quad (4.50)$$

где L_K – длина канала, на котором производится окашивание, км.

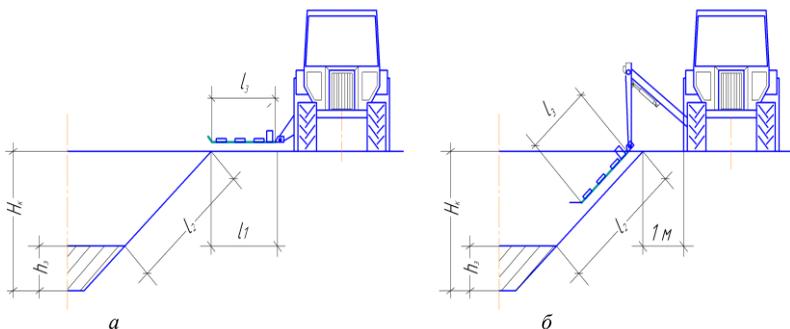


Рис. 4.41. Схемы для определения количества проходов косилок для окашивания:
 а – бермы канала; б – откосы канала

Количество проходов при окашивании откосов каналов зависит от ширины откоса и принятой техники. При подборе машин необходимо стремиться к максимальной механизации процесса и руководствоваться следующими ограничениями:

- окашивание откоса шириной менее 0,45 м необходимо выполнять вручную ввиду экономической неэффективности применения механизированного способа;

- величина перекрытия предыдущего прохода косилки следующим не должна превышать 0,3 м.

Объем работ по доработке откосов канала вручную определяется по формуле

$$F_{\text{ок}} = 2l_{\text{ок}}^{\text{рп}} \cdot L_K, \quad (4.51)$$

где $l_{\text{ок}}^{\text{рп}}$ – ширина откоса, окашиваемого вручную, м;

L_K – длина канала, на котором выполняется окашивание, м.

При окашивании откоса канала комплектом машин различных марок необходимо привести длину гона для каждой марки косилки от-

дельно. Суммарная длина гона при окашивании откосов каналов от травяной растительности определяется по формуле

$$L_r^{\text{отк}} = 2 \cdot n \cdot L_k, \quad (4.52)$$

где L_k – длина канала, на котором производится окашивание, км;
 n – количество проходов машины по откосу.

Пример. Ширина окашиваемого откоса составляет 3,5 м. Выполнить окашивание возможно по следующим вариантам:

- 1) два прохода косилкой К-78М и 0,3 м – доработка вручную;
- 2) два прохода косилкой КРД-1,5 и 0,5 м – доработка вручную;
- 3) первый проход косилкой К-78М, второй – КРД-1,5 и 0,4 м – доработка откоса вручную;
- 4) первый проход косилкой РР-41, второй – КРД-1,5, перекрытие 0,1 м.
- 5) первый проход косилкой РР-41, второй – К-78М, перекрытие 0,2 м.

Наиболее оптимальным является четвертый вариант, так как работа выполняется механизированным способом и ширина перекрытия проходов минимальна.

Подчистка существующих каналов. Подчистку каналов можно выполнять одноковшовыми экскаваторами или каналочистителями. Очистка каналов производится за одну или за две проходки машины. Количество проходок машины зависит от величины наносов и параметров подчищаемого канала.

Для очистки каналов за одну проходку экскаватором или каналочистителем необходимо выполнение следующего условия:

$$R_k^{\text{max}} \geq A,$$

где R_k^{max} – максимальный радиус копания экскаватора при требуемой глубине канала, м;

A – расстояние от точки крепления стрелы до грани подчистки, м.

$$R_k^{\text{max}} = \sqrt{l_{\text{срк}}^2 - (h_{\text{п}} + h_{\text{под}})^2}, \quad (4.53)$$

где $l_{\text{срк}}$ – расстояние между осью пята стрелы и режущей кромкой ковша экскаватора (рис. 4.42);

$h_{\text{под}}$ – глубина канала до отметки подчистки, м;

$h_{\text{п}}$ – высота пята стрелы экскаватора (каналочистителя), м.

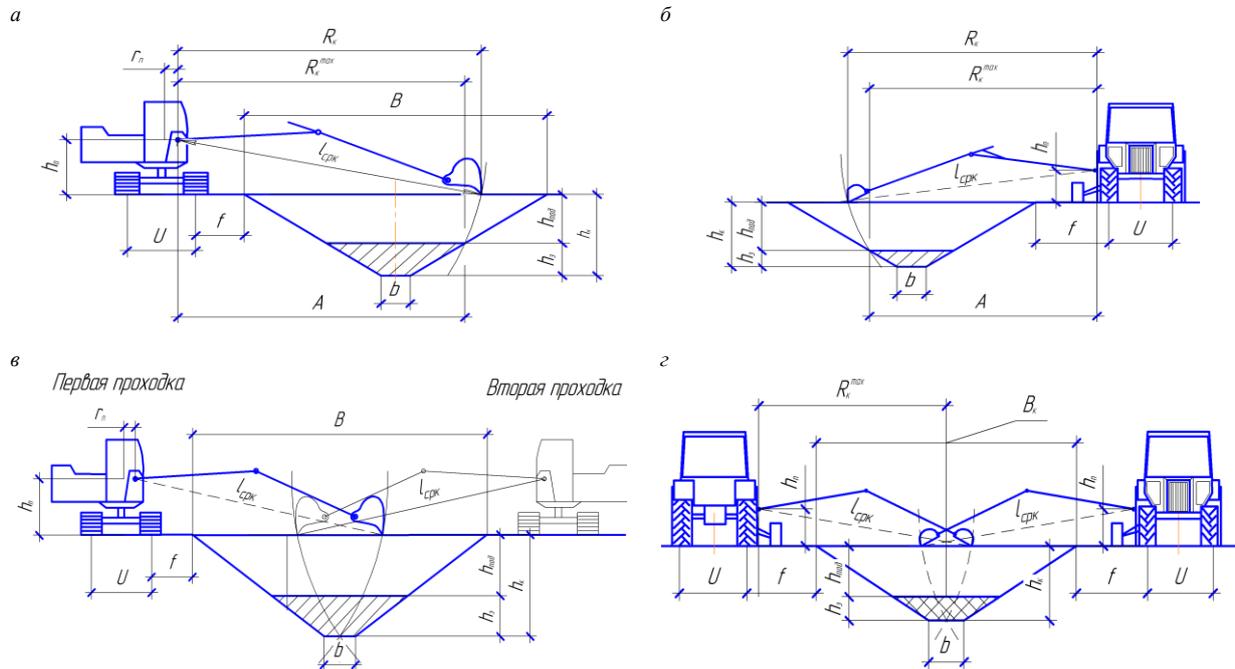


Рис. 4.42. Схемы для определения возможности подчистки каналов:
 а – одноковшовым экскаватором за один проход; б – каналоочистителем за один проход;
 в – одноковшовым экскаватором за два прохода; з – каналоочистителем за два прохода

Расстояние между осью пяты стрелы и режущей кромкой ковша на отметке стоянки определяется по формуле

$$l_{\text{срк}} = \sqrt{h_{\text{п}}^2 + R_{\text{к}}^2}, \quad (4.54)$$

где $R_{\text{к}}$ – радиус копания экскаватора, м.

Расстояние от точки крепления стрелы до границы подчистки возможно определить по следующим формулам:

– для одноковшовых экскаваторов

$$A = \frac{U}{2} - r_{\text{п}} + f + (h_{\text{к}} - h_3)m + b + 2h_3m, \quad (4.55)$$

– для каналоочистителя ОКН

$$A = f + (h_{\text{к}} - h_3)m + b + 2h_3m, \quad (4.56)$$

где U – колея экскаватора, м;

$r_{\text{п}}$ – радиус пяты стрелы экскаватора (каналоочистителя), м;

f – безопасное расстояние до бровки канала (1 м), м;

$h_{\text{к}}$ – глубина канала, м;

h_3 – высота слоя заиления, м;

b – ширина канала по дну, м;

m – заложение откосов канала.

При подчистке каналов за две проходки машины необходимо выполнение следующих условий:

– одноковшовых экскаваторов

$$2R_{\text{к}}^{\text{тп}} \geq B_{\text{к}} + 2 \left(\frac{U}{2} - r_{\text{п}} + f \right),$$

где $B_{\text{к}}$ – ширина канала по верху, м;

– для каналоочистителя

$$2R_{\text{к}}^{\text{тп}} \geq B_{\text{к}} + 2f.$$

Ширина канала по верху определяется по формуле

$$B_{\text{к}} = b + 2h_{\text{к}}m. \quad (4.57)$$

Разравнивание грунта. Для разравнивания грунта, вынутаго при подчистке каналов на мелиоративной системе, используются бульдозеры. Важным показателем при разравнивании грунта являются слой

разравнивания и длина пути разравнивания. Слой разравнивания равен 0,10–0,15 м. Длина пути разравнивания зависит от слоя разравнивания и определяется по формуле

$$L_{\text{раз}} = \frac{W_p \cdot k_p}{t}, \quad (4.58)$$

где W_p – объем разравниваемого грунта на 1 пог. м, м^3 ;

k_p – коэффициент разрыхления грунта;

t – слой разравнивания грунта, м.

Схема для определения пути разравнивания приведена на рис. 4.43.

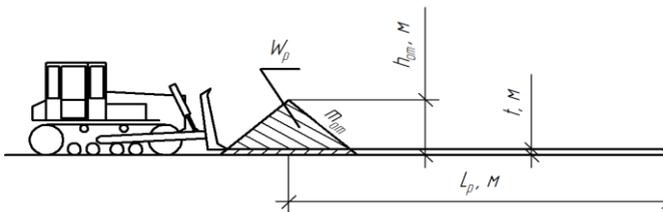


Рис. 4.43. Схема для определения длины пути разравнивания

Объем разравниваемого грунта определяется по формуле

$$W_p = \frac{m_{\text{от}} (h_{\text{от}} - t)^2}{k_p}, \quad (4.59)$$

где $m_{\text{от}}$ – коэффициент заложения откоса отвала грунта;

$h_{\text{от}}$ – высота отвала грунта, м;

t – слой разравнивания грунта, м;

k_p – коэффициент разрыхления грунта.

Коэффициент заложения откоса грунта зависит от угла естественного откоса грунта и определяется по формуле

$$m_{\text{от}} = \frac{1}{\text{tg}\varphi_{\text{от}}}, \quad (4.60)$$

где $\varphi_{\text{от}}$ – угол естественного откоса грунта.

Высота отвала грунта, вынутаго при подчистке каналов

$$h_{\text{от}} = \sqrt{\omega_3 \cdot k_p \cdot \frac{1}{m_{\text{от}}}}.$$

Физико-механические свойства грунтов приведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11. Физико-механические свойства грунтов

Наименование грунта	Коэффициент разрыхления k_p	Угол естественного откоса $\phi_{от}$
Супесь	1,14	36
Суглинок легкий	1,22	40
Суглинок средний	1,24	43
Торф	1,28	36

Удаление древесно-кустарниковой растительности на откосах каналов. Сводка древесно-кустарниковой растительности является первым технологическим этапом при выполнении работ по ремонту и реконструкции мелиоративных каналов, а также может выполняться как независимый этап при выполнении уходных работ. Данная рабочая операция позволяет создать необходимые условия для последующих операций.

Сводка наземной части кустарника производится вручную ранцевыми кусторезами или вырубкой топором. Сведенный кустарник укладывается в кучи на берме и вывозится к местам складирования для дальнейшей переработки на технологическую щепу.

При производстве работ по удалению древесно-кустарниковой растительности необходимо конкретизировать объемы выполняемых работ.

Корневые остатки корчуют при помощи кустодера и утилизируют путем захоронения. После проведения корчевки профиль канала необходимо восстановить путем планировки рельсовой волокушей.

Крепление откосов канала путем посева трав. При срезке откосов в процессе ремонта и реконструкции каналов, устроенных в минеральных грунтах, для роста трав и создания дернины перед посевом трав требуется нанесение на поверхность откосов слоя почвы (растительного грунта), содержащей от 2 до 4 % гумуса.

Особенностью процесса залужения откосов каналов является то, что большой уклон поверхности откосов исключает возможность использования имеющихся в наличии на предприятиях мелиоративных систем почвообрабатывающих механизмов для подготовки поверхности откосов к посеву, а также для нанесения, разравнивания на откосах растительного грунта.

В торфяных и заторфованных грунтах, содержащих большое количество органического вещества в результате осушения и внесения минеральных удобрений, процесс почвообразования происходит доста-

точно быстро и поэтому подсыпка растительного грунта на откосы канала перед посевом трав не требуется.

Размывание канала сосредоточенным поверхностным стоком. В процессе ежегодного таяния снега на откосах каналов наблюдается размыв откоса сосредоточенными потоками поверхностных вод. Ликвидация данной деформации осуществляется устройством открытой водосбросной воронки. Типовая открытая водосбросная воронка расходом до 25 л/с приведена на рис. 4.44.

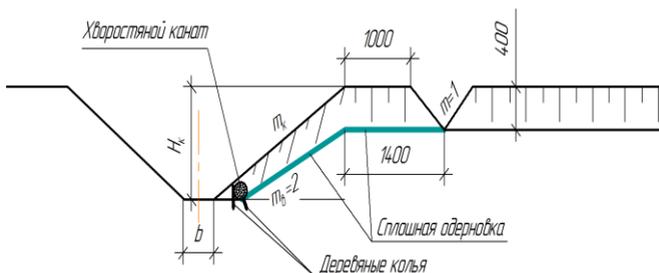


Рис. 4.44. Открытая водосбросная воронка расходом до 25 л/с

Конструкция воронки представляет собой лоток трапециевидного сечения шириной до 0,5 м, заложением откоса $m = 5$. Дно и откосы воронки крепятся одерновкой по слою растительного грунта толщиной 6–8 см. В конце лотка укладывается хворостяной канат.

Реконструкция закрытой регулирующей сети. Проектные решения по реконструкции закрытой сети назначаются исходя из дефектной ведомости и на основании ТКП 45-3.04-177-2009 «Реконструкция мелиоративных систем. Правила проектирования».

Реконструкция осушительных систем с закрытым дренажем в зависимости от причин их низкой эффективности должна производиться по основным схемам, которые приведены ниже.

1. При недостаточной водоприемной способности дрен из-за кольматации стыков труб или водоприемных отверстий, защитно-фильтрующего материала (ЗФМ) и достаточной водопроводящей способности коллекторов следует устраивать дополнительные дрены, параллельно существующим, с мероприятиями, повышающими их осушительный эффект (устройство объемных фильтров или фильтрующих колонок).

2. При недостаточной глубине существующего коллектора следует устраивать новый коллектор параллельно существующему, на требуе-

мой глубине. К нему подключаются как вновь устраиваемые дрены, так и существующие. Существующие дрены, заиленные песком, следует сопрягать с новым коллектором не подключением к нему, а посредством фильтрующей засыпки, например песком с коэффициентом фильтрации не менее 5 м/сут, которая устраивается в месте пересечения на высоту не менее 0,4 м над коллектором.

3. При недостаточной водопрводящей способности коллектора или дрен из-за заиления по всей их длине с помощью песка или уплотненных железистых отложений следует устраивать новый дренаж. В местах пересечения с существующими участками или отдельными работоспособными дренами следует устраивать фильтрующую засыпку не менее 0,4 м в месте пересечения.

4. При местных нарушениях водоотводящей способности из-за брака при строительстве или разрушения в процессе эксплуатации при всех других удовлетворительных параметрах дренажа должно быть установлено место нарушения и устранены причины, их вызвавшие.

5. При заилении дренажа или его заохривании рыхлыми отложениями следует предусматривать его промывку. Промывка осуществляется при заохривании коллекторных труб до 80 % рыхлыми отложениями и при заилении 30 % полости регулирующих дрен.

Вновь проектируемые системы необходимо нанести на план мелиоративной системы с указанием наименований новых коллекторов, номеров и длины дрен. Места подсоединения существующей закрытой сети к проектируемой необходимо обозначить на плане соответствующими условными обозначениями.

Строительство нового дренажа будет производиться траншейным способом с применением дреноукладчиков типа ЭТЦ-203. Для нового дренажа необходимо определить объем земляных работ по засыпке траншей.

Объем земляных работ по засыпке дренажа определяется путем суммирования объемов работ по устройству дренажа и коллекторов.

Величину объема работ по строительству дрен можно определить по формуле

$$W_3^д = b_{тр} \cdot t_д^{сп} \cdot \Sigma L_д, \quad (4.61)$$

где $b_{тр}$ – ширина траншеи, м;

$t_д^{сп}$ – средняя глубина заложения дрен, м;

$\Sigma L_д$ – суммарная длина устраиваемого дренажа, м.

При определении объемов работ по коллекторам в формулу необходимо подставлять значения средней глубины заложения и суммарной длины устраиваемых коллекторов.

Промывка дренажа. Наиболее актуальным способом промывки дренажа является гидравлический с применением дренопромывочных машин марок УПД-120, ПДТ-125, ДП-10А. Промывку коллектора необходимо начинать от устья, при этом дренопромывочная машина должна располагаться на противоположном откосе канала. При промывке коллекторов необходимо учитывать их длину. Когда длина коллектора превышает длину шланга дренопромывочной машины, необходимо на данном месте выкопать шурф и продолжить промывку с данного места.

Количество шурфов для промывки сети определяется на каждой промываемой системе и сводится в ведомость.

Схема промывки дренажа приведена на рис. 4.45.

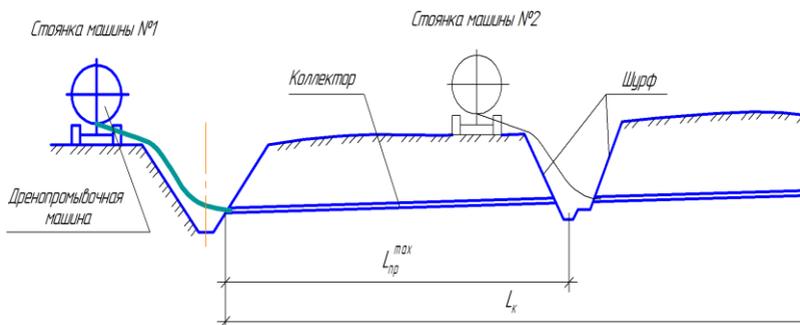


Рис. 4.45. Схема промывки дренажа дренопромывочной машиной

Места устройства шурфов для промывки дренажа необходимо указывать на плане мелиоративной системы, используя соответствующие условные обозначения.

Эксплуатационные устройства на системе. В состав эксплуатационных устройств входят береговая обстановка, эксплуатационная гидрометрия, средства механизации и автоматизации.

Береговую обстановку проектируют для лучшей организации работы и ориентации эксплуатационного персонала на осушаемой территории, для контроля за состоянием элементов мелиоративной системы. В ее состав входят реперы, устьевые и поворотные знаки, километровые знаки, пикеты, информационные и предупредительные щиты.

Реперы устанавливают возле водоприемников, крупных каналов, дамб, дорог. Они служат для передачи отметок при проверке технического состояния элементов мелиоративной системы и сооружений, контроля ремонтных работ, подготовки данных при улучшении, переустройстве или капитальном ремонте системы. Постоянные геодезические реперы устанавливают через 5–10 км, а между ними устанавливают временные так, чтобы длина хода привязок не превышала 1–2 км.

Устьевые знаки устанавливают в устьевой части каналов и дренажных коллекторов. На знаках пишут номер канала, можно также указать обслуживаемую площадь.

Поворотные знаки устанавливают на всех поворотах открытого водотока. На них пишут наименование водотока (с плана системы) и номер поворота, считая от устья.

Километровые знаки устанавливают вдоль водоприемников, длинных каналов, дамб, основных дорог. Пикеты устанавливают через 100 м. На километровом знаке пишут номер канала (водоприемника, дамбы) и километр от устья, на пикетах – номер канала и порядковый номер пикета.

Информационные и предупредительные щиты устанавливают на открытых местах при пересечении каналов дорогами, вблизи населенных пунктов, полевых станков, пастбищ, в местах въезда на мелиорированную территорию. На щитах пишут об ограничении или запрещении пользования какими-либо элементами системы, излагают призывы по бережному отношению к мелиоративным устройствам и т. п.

В состав эксплуатационной гидрометрии входят основные и вспомогательные гидрометрические посты, наблюдательные колодцы и гидрометрические створы наблюдательных колодцев, мелиоративные створы наблюдательных скважин, водомерные сооружения, метеоплощадки.

Основные гидрометрические посты устанавливают на водоприемниках; в устьях магистральных каналов, ручьев, нагорных каналов при их длине более 1,5 км; в месте входа на участок и выхода транзитного водотока; в голове и устье водоподводящих каналов. Вспомогательные гидрометрические посты устанавливают у водоподпорных сооружений, насосных станций, на озерах и водохранилищах, устьях нагорных каналов при их длине менее 1,5 км, на магистральных каналах через 5–10 км.

Наблюдательные колодцы устанавливают посредине между смежными осушителями для изучения динамики уровней грунтовых вод.

Колодцы устанавливают на расстоянии S от собирателя или коллектора:

$$S = K \frac{h_m}{h_p} B, \quad (4.62)$$

где $K = 1,2-1,5$ – коэффициент, зависящий от водопроницаемости грунтов (меньшие значения – для слабо фильтрующих грунтов);

h_m – глубина магистрального канала, собирателя, коллектора, м;

h_p – глубина регулирующей сети, м;

B – расстояние между осушителями, м.

Глубину наблюдательных колодцев принимают на 60–80 см ниже дна регулирующих каналов или дрен.

Гидрометрические створы из 5–7 наблюдательных колодцев между смежными осушителями устраивают по одному на участок разных почв для изучения кривизны и динамики депрессионной линии грунтовых вод в условиях осушения и увлажнения.

Мелиоративные створы наблюдательных скважин служат для изучения динамики глубоких грунтовых вод и установления их влияния на влагозапасы корнеобитаемого слоя почвы. Глубина скважин зависит от мощности прорезаемого горизонта. При большой мощности этого горизонта глубину скважин принимают равной 10–15 м, однако одну из них устраивают глубиной не менее 25–30 м. При площади мелиорируемого массива до 2 тыс. га проектируют один мелиоративный створ, при площади от 2 до 10 тыс. га – два-три створа, а при площади более 10 тыс. га створы скважин проектируют через 5–6 км вдоль вытянутой стороны массива. Створы располагают перпендикулярно направлению главных водотоков и основной части мелиоративной сети. Крайние в створе скважины располагают за пределами границы осушаемого массива. Расстояние между скважинами можно принимать в пределах 300–500 м.

В проектах элементы эксплуатационной гидрометрии необходимо изобразить на плане условными знаками, включить в объемы работ и сметы.

Надзор и уход за системой. Надзор и уход являются важными мероприятиями по эксплуатации межхозяйственной и внутрихозяйственной осушительных систем. От того, насколько систематически и своевременно осуществляются надзор и уход, зависят сроки проведения ремонтов, безаварийная работа каналов и сооружений, нормальное

сельскохозяйственное использование осушаемых земель. Поэтому при разработке проектов мелиорации земель и эксплуатации систем необходимо давать рекомендации по надзору и уходу за их элементами.

К мероприятиям по надзору относятся: контроль за соблюдением правил пользования отдельными элементами осушительной системы и предохранение их от повреждений, вызываемых нарушением этих правил; контроль за соблюдением противопожарных мероприятий на торфяных массивах, а также своевременное выявление очагов пожара; контроль за мелиоративным состоянием и использованием мелиорируемых земель; контроль за проведением агро мелиоративных мероприятий и соблюдением правил агротехники на мелиорированных землях; наблюдение за работой системы и выявление причин, вызывающих разрушение или нарушение работы ее отдельных элементов; выявление мест возможного возникновения аварий; наблюдение за водным режимом на осушаемой территории посредством проведения измерений на гидрометрических постах, наблюдательных колодцах и скважинах; выявление лиц, причинивших ущерб мелиоративной системе, и принятие к ним мер в соответствии с действующим законодательством.

Работы по уходу за осушительной системой включают проведение мероприятий, обеспечивающих поддержание ее в работоспособном состоянии и создание условий для высокопроизводительного использования мелиорированной площади. В состав мероприятий по уходу за каналами входят: очистка от заиления, обвалов и оползней; удаление из водоприемников и каналов посторонних предметов, затрудняющих свободное течение воды; исправление и планировка откосов в местах, где появились разрушения; скашивание и удаление травяной и кустарниковой растительности со дна, откосов и берм каналов, защитных валов, дорожных насыпей и кюветов; очистка водосбросных воронок от мусора и посторонних предметов. При уходе за гидротехническими сооружениями проводят: очистку от наносов отверстий мостов, труб-переездов и труб-регуляторов, шлюзов; очистку от заиления смотровых колодцев, дренажных устьев, фильтров-поглотителей; подготовку сооружений к пропуску паводка; консервацию сооружений на зимний период; заделку трещин и раковин в бетонных и железобетонных сооружениях; покраску металлических элементов для предохранения от коррозии; смазку трущихся деталей водорегулирующих сооружений.

На оросительных системах проводят подготовку сети и дождевальной техники к поливному сезону и зимнему периоду, устраняют по-

вреждения, осуществляют мероприятия по управлению водным режимом почвы и его контролю.

Уход за мелиоративными системами осуществляют русловые ремонтеры под руководством инженерно-технического персонала эксплуатационной службы. При подборе мероприятий по надзору и уходу за мелиоративной системой следует использовать соответствующую литературу.

Весенний период на осушительной системе является напряженным и ответственным в ее работе. Наибольшее число серьезных повреждений и разрушений приходится именно на этот период. Поэтому необходимо заранее подготовить систему к пропуску паводковых вод: на дренажных системах устья коллекторов очищают от снега; все сооружения и дамбы внимательно осматривают; обнаруженные ходы землероев, трещины устраняют. Пазухи у сооружений ликвидируют путем перелопачивания и добавления грунта с трамбовкой или инъекциями жидкого грунта с добавлением части цемента; подъемные механизмы щитов сооружений очищают и смазывают, делают опробование их работы; водопропускные отверстия сооружений очищают от снега, льда и мусора. Затворы шлюзов и труб-регуляторов должны быть полностью открыты. На крупных водотоках перед подъемом воды скалывают лед вокруг свай, боковых стенок, ледорезных устройств и т. п. Запасы аварийных материалов приводят в мобильную готовность – подвозят поближе к наиболее ответственным местам и складывают в незатопляемой зоне. Во время прохода паводка на плотинах и сбросных сооружениях организуют круглосуточное дежурство. При образовании затворов на водотоках и у отверстий сооружений принимают срочные меры по их ликвидации.

После прохода паводка систему осматривают, определяют объемы повреждений и составляют план ликвидации возникших деформаций. Сроки восстановления системы должны быть сжатыми, чтобы к началу посевного периода она обеспечила требуемый водный режим почвы (уровень грунтовых вод должен находиться на глубине не менее 0,5–0,6 м, а влажность верхнего слоя почвы не должна превышать наименьшую влагоемкость) [5].

Ремонт мелиоративной системы. Из опыта эксплуатации мелиоративных систем известно, что различные элементы систем и сооружений нуждаются в ремонтах через определенные промежутки времени после строительства или реконструкции.

Необходимо оформить в виде таблицы перечень всех элементов

мелиоративной системы и сооружений на ней. Затем, учитывая год сдачи системы в эксплуатацию и межремонтные периоды для отдельных ее элементов, следует рассчитать сроки (годы), в которые необходимо проводить текущий и капитальный ремонты.

Текущий ремонт проводят через 3–4 года с задачей восстановления водоприемников, каналов, регулирующей сети и других устройств в проектных размерах. Объем восстановительных работ не должен превышать 20–25 % от первоначального строительного объема. Допускается прокладка новых каналов и дренажных линий для сгущения регулирующей сети общей протяженностью не более 5 % всей длины каналов или дрен на участке. Разновидностью текущего ремонта является профилактический, который проводят 2–3 раза в год в целях предупреждения и устранения повреждений каналов и сооружений. Профилактические осмотры системы проводят после прохода весеннего паводка, сильных ливней и продолжительных дождей, при подготовке системы к зимнему периоду.

Капитальный ремонт проводят в сроки, устанавливаемые нормативами (табл. 4.12). При этом выполняют работы по полному возмещению износа системы, который достигает 25–30 % и более (до 50 %) от объема работ предыдущего проекта.

При составлении проекта капитального ремонта разрешается изменять план и продольные профили водоприемников на 10 %, магистральных и ловчих каналов – на 20 %, регулирующей сети и дренажа – до 20 % от общей протяженности сети ремонтируемого участка. Критерием для планирования капитального ремонта должно быть такое состояние, при котором осушительное действие мелиоративных устройств становится незначительным и положение нельзя исправить текущим ремонтом.

Аварийный ремонт выполняют по мере возникновения аварий на системе: прорыв дамб, разрушение креплений русел, дорог, сооружений и т. п. Профилактические работы по предупреждению аварий являются одними из главных задач службы эксплуатации, так как эти работы значительно дешевле по сравнению с ликвидацией аварий и наносимым ею ущербом. Систематический надзор за элементами мелиоративной системы позволяет своевременно обнаружить опасность возникновения аварии [2, 3].

Противопожарные мероприятия. На осушенных торфяных массивах летом создаются условия для легкого возгорания торфяной залежи.

Таблица 4.12. **Примерная периодичность капитального ремонта, лет**

Сооружения	Примерный срок службы	Примерный период капитального ремонта
Водоприемники осушительных систем: в минеральных грунтах	65	10
в торфяных грунтах	45	10
Перегораживающие железобетонные, бетонные и каменные сооружения и регуляторы-водовыпуски с расходом, м ³ /с:		
более 50	60	15
10–50	50	15
1–10	40	10
менее 1	20	7
Осушительные межхозяйственные магистральные, нагорные и ловчие каналы без креплений и с креплениями откосов и дна:		
в минеральных суглинистых грунтах	50	10
в торфяных и легких минеральных грунтах	40	8
Внутрихозяйственные проводящие, нагорные и ловчие, осушители и собиратели без креплений откосов и дна:		
в минеральных суглинистых грунтах	30	10
в торфяных и легких минеральных грунтах	30	8
Внутрихозяйственные проводящие, нагорные и ловчие, осушители и собиратели с креплениями откосов и дна (в т.ч. одернованные)	30	10
Системы двустороннего действия	30	8
Дренаж гончарный:		
в торфяных грунтах	45	15
в минеральных грунтах	60	15
Пластмассовый дренаж в торфяных и минеральных грунтах	40	15
Дождевальные машины	7	1...2
Дороги:		
асфальтированные	40	10
цементобетонные	60	10
булыжные	30	8
щебеночные и гравийные	30	5
гудронированные	10	3
грунтовые профилированные	20	3
Мосты:		
металлические	80	20
железобетонные	90	15
Трубы железобетонные	40	7
Гидрометрические станции на реках и больших каналах	20	3
Гидрометрические водомерные посты на каналах	10	2
Гидрологические створы	10	2

Причиной возгорания могут послужить непогашенная спичка или окурки, разведение костров, вылетающие искры из выхлопных труб двигателей, выжигание сорной растительности.

В результате пожара, если не принять своевременных мер для тушения, могут выгорать большие площади и эти территории выбывают из сельскохозяйственного использования. Образовавшиеся при этом углубления заполняются водой, и для восстановления земель требуются значительные дополнительные затраты. С целью предупреждения пожара необходимо вести разъяснительную работу среди населения, следить за соблюдением противопожарных мер, устанавливать при въездах на объект предупредительные щиты, организовывать добровольные пожарные дружины, дежурства на специально установленных вышках. По каждому торфяному массиву следует разработать противопожарные мероприятия (расположение противопожарных водоемов, способы тушения и т. д.).

Вопросы для самоконтроля

1. Для какой цели выполняется гидрологический расчет?
2. Какие задачи решаются при гидравлическом расчете?
3. Перечислите типы крепления открытых каналов.
4. Назовите основные способы защиты дренажа от заиливания.
5. Какие требования предъявляются к водоприемникам осушительных систем?
6. Какие виды осушения относят к специальным?
7. Приведите характеристику агромелиоративных мероприятий.
8. Перечислите известные вам способы увлажнения осушаемых земель?
9. Для каких целей на осушительных системах устраиваются гидротехнические сооружения и дороги?

5. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

5.1. 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 режим 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 можно сделать вывод о том, что 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 постоянно росла и 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 республики наиболее правильно 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. Периодический недостаток почвенной влаги отрицательно сказывается на продуктивности влаголюбивых сельскохозяйственных культур, особенно возделываемых на минеральных почвах, где от засух урожай овощей и трав снижается иногда в 1,5–2 раза.

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

Начало производственного орошения в условиях Беларуси приходится на середину шестидесятых годов прошлого столетия. 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 интен-

сификация 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 2010 г. оросительные системы в работоспособном состоянии находились на площади 8,3 тыс. га и на 7,6 тыс. гектаров 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 проводить в два этапа. На первом 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 среднепогодные прибавки урожая среднепоздней и поздней капусты от орошения на минеральных почвах при высокой степени их окультуренности и повышенном агрофоне достигают в северной части республики 130 ц/га, а в южной – 200 ц/га. При обычном агрофоне этот показатель равен 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 три раза и более выше, чем на неорошаемых. Эффективно также орошать сады и ягодники интенсивного типа.

5.2. 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 разделяются на приведенные ниже три вида.

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.).

Однократно действующее орошение – задержание на площади местного стока воды. Может быть паводковым (использование паводковых вод) и лиманным (использование задерживаемых талых вод весеннего стока).

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 водоисточниках 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 и прежде всего овощей, кормовых угодий, садов и ягодников. Орошение других культур, например зерновых, в регионе на данном этапе развития сельскохозяйственного производства пока экономически не выгодно.

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) принята следующая классификация способов орошения (рис. 5.1): аэрозольное (мелкодисперсное) увлажнение, дождевание, поверхностное орошение, внутрпочвенное орошение (в том числе капельное), подпочвенное увлажнение (субиригация).



Рис. 5.1. 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 при помощи капельниц (*капельное орошение*). При *подпочвенном увлажнении (субиригации)* задерживают воду в каналах или дополнительно подают в них воду, чем повышают уровень грунтовых вод, от которых по почвенным капиллярам увлажняется поверхностный слой почвы.

Правильный выбор способа орошения 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 он 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 *микроиригационных методов*. Их сущность заключается в увлажнении участка почвы только вокруг растения. Микроиригационные методы используют поток воды под давлением в закрытых трубах для ее дальнейшей подачи в почву через насадки, капельницы и другие выпускные устройства. Преимущество этого вида орошения заключается в том, что оно требует более низких давлений и меньшего количества воды, чем обычное дождевание.

Различают два способа микроиригации – *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 высокорентабельных 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.

5.3. Оросительные системы

Конструкции и расположение оросительных систем зависят от многих факторов: хозяйственных, климатических, геоморфологических и

гидрогеологических условий территории; вида, способа и техники орошения; 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. 5.2).

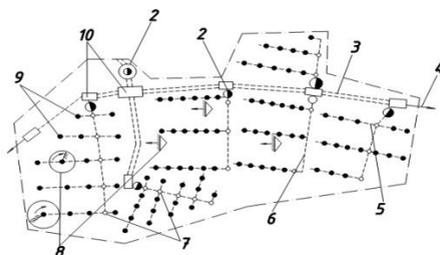


Рис. 5.2. Схема закрытой оросительной сети:
 1 – головная насосная станция; 2 – насосная станция подкачки;
 3, 5, 6 – магистральные, распределительные и хозяйственные
 трубопроводы; 4 – концевые сбросы; 7 – колодцы с задвижками;
 8 – дождевальные машины; 9 – гидранты; 10 – регулирующие бассейны

В состав каждой, регулярно действующей оросительной системы входят следующие элементы:

источник орошения (река, ручей, водохранилище, озеро, подземные воды), который должен соответствовать 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 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 огромного 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 охватывающие 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.

5.4. Режим орошения сельскохозяйственных культур

Водопотребление сельскохозяйственных культур. Ранее были 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

$$E = f(E_o, W, F), \quad (5.1)$$

где E – фактическая эвапотранспирация;

E_o – 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 (3.1). 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 почвен-

ные 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

$$E = (R - B - S) / L, \quad (5.2)$$

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. Он 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 находят применение метод А. Н. Костякова, основанный на использовании плановой урожайности и коэффициента водопотребления (табл. 5.1), который получают опытным путем. Водопотребление E находят по зависимости

$$E = K_v Y, \quad (5.3)$$

где K_v – коэффициент водопотребления (количество единиц воды, потребляемое на выращивание единицы урожая) данной культуры, отвечающий определенным климатическим условиям, уровню плодородия почвы, агротехнике и урожайности;

$У$ – планируемая урожайность.

Таблица 5.1. Коэффициенты водопотребления овощных культур в зависимости от урожая

Культура	$У$, т/га	K_v , м ³ /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 уменьшаются с повышением плодородия почвы и увеличением урожая с единицы площади. Они зависят от большого количества факторов (метеоусловий, уровня агротехники, сорта растений, урожайности, плодородия 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

$$E_i = K_i \sum d_i, \quad (5.4)$$

где K_i – биологический коэффициент водопотребления, изменяющийся в онтогенезе (по расчетным i -м периодам) по характерной для каждого вида растений кривой, мм/мб;

$\sum d_i$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за рассматриваемый i -й период, мб.

Дефицит влажности воздуха представляет разность между упругостью насыщенного пара при данной температуре и упругостью фактически содержащегося в воздухе водяного пара и 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. 5.3). Поэтому биологические коэффициенты зачастую называют биоклиматическими.

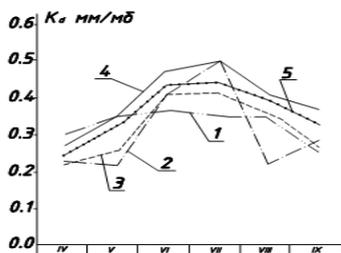


Рис. 5.3. Изменение биоклиматических коэффициентов (мм/мб) суммарного испарения яблоневым садом по данным различных авторов:

- 1 – С. А. Яковлев (схема посадки 10×10 м, возраст 21–25 лет, Запорожская область); 2 – И. С. Флюорце (4×2,5 м, 2–4 года, Молдавия); 3 – В. И. Статюк (7×7 м, 12–14 лет, Украина); 4 – М. Г. Голченко, Т. Д. Лагун (6×4 м, 2–4 года, Беларусь)

Из зарубежных методов расчета водопотребления сельскохозяйственных культур можно отметить экспериментальную формулу Блейни и Кридла (США). Во Франции пользуются формулами Торнт-

вейта 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.

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 приведенные ниже 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, который является базой для всех других. *Групповой режим* орошения рассчитывается (разрабаты-

ается) 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 внутрпочвенный сток из расчетного слоя (слоя регулирования почвенных влагозапасов). При этом гарантируется заданный 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, для импульсного дождевания, для подпочвенного увлажнения (субирригации), для 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 влия-

ющих 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 гидрогеомелиоративной обстановки.

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 предполивным уровнем*.

Под *поливной нормой нетто* следует понимать количество поливной воды (в м³/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:

$$m \leq W_{\text{вп}} - W_{\text{пв}}, \quad (5.5)$$

где m – норма полива нетто;

$W_{\text{вп}}$ – верхний предел регулирования почвенных влагозапасов;

$W_{\text{пв}}$ – предполивной уровень почвенных влагозапасов (содержание влаги в почве перед поливом).

В свою очередь известно, что содержание влаги в почве можно определить по ее влажности:

$$W = 0,1\beta\gamma h \quad \text{или} \quad W = 0,1\beta^{\text{об}}h, \quad (5.6)$$

где W – запасы почвенной влаги в расчетном слое, мм;

h – мощность расчетного слоя, см;

β – влажность почвы, % от ее сухой массы;

γ – объемная масса почвы, г/см³;

$\beta^{\text{об}}$ – влажность почвы, % от ее объема.

Подставляя в уравнение (5.5) выражение влагозапасов через физические характеристики почвы (5.6), получим расчетные уравнения для определения верхнего предела поливной нормы:

$$m = 0,1\gamma h(\beta_{\text{вп}} - \beta_{\text{пв}}) = 0,1h(\beta_{\text{вп}}^{\text{об}} - \beta_{\text{пв}}^{\text{об}}), \quad (5.7)$$

где $\beta_{\text{вп}}$ – верхний предел регулирования почвенной влажности, % от массы почвы;

$\beta_{\text{вп}}^{\text{об}}$ – то же, % от объема;

$\beta_{\text{пв}}$ – влажность почвы перед началом полива площади, % от ее сухой массы;

$\beta_{\text{пв}}^{\text{об}}$ – то же, % от объема.

Именно формулы вида (5.7) 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 м³/га). Меньшие нормы из указанных пределов характерны для легких и более тяжелых по гранулометрическому составу почв, а большие – для средних (табл. 5.2).

Таблица 5.2. Рекомендуемые нормы полива сельскохозяйственных культур на минеральных почвах в зоне неустойчивого увлажнения, мм

Культура	Почва			
	Супесчаная	Легкосуглинистая	Среднесуглинистая	Тяжелосуглинистая
Многолетние травы, пастбища	20–25	25–30	25–30	20–25
	20–25	25–30	25–30	20–25
Капуста	10–15	15–25	20–25	15–20
	15–25	25–30	25–30	20–25
Картофель	15–20	20–25	20–25	15–20
	20–25	25–30	25–30	20–25
Свекла столовая, морковь	10–20	20–25	20–25	15–20
	20–25	25–30	25–30	20–25

Примечание. В числителе приведены поливные нормы для первой половины вегетации, в знаменателе – для второй.

Поливная норма брутто

$$m^{бр} = \frac{m}{\eta_m}, \quad (5.8)$$

где η_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 состоят из сбросов на инфильтрацию и 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 раза и более), 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.

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 было 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, влияю-

щие 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 и обычно принимаются в миллиметрах или кубических метрах на гектар.

Для оценочных расчетов может применяться уравнение водного баланса корнеобитаемого слоя почвы, охватывающее весь вегетационный период:

$$M = E - P - \Delta W - Q, \quad (5.9)$$

где M – оросительная норма нетто;

E – максимальная эвапотранспирация (водопотребление сельскохозяйственного поля при оптимальном водном режиме);

P – атмосферные осадки за вычетом потерь на сброс;

ΔW – используемые запасы влаги в расчетном слое почвы;

Q – подпитка корнеобитаемого (расчетного) слоя (табл. 5.3) от грунтовых вод;

$$\Delta W = W_n - W_{\text{ни}}, \quad (5.10)$$

где W_n – влагозапасы в слое регулирования (расчетном слое почвы) на начало вегетации;

$W_{\text{ни}}$ – нижний предел оптимального увлажнения почвы.

Таблица 5.3. Коэффициент, учитывающий использование грунтовых вод на средних по гранулометрическому составу почвогрунтах

Культура 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

Учет сброса части атмосферных осадков осуществляется с помощью формулы

$$P = \mu P_{\text{изм}}, \quad (5.11)$$

где μ – коэффициент использования осадков, учитывающий их просачивание за пределы расчетного слоя почвы или сток с ее поверхности (в среднем равен 0,7–0,9);

$P_{\text{изм}}$ – 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.

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 данным 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 длительной ряда достаточно трудоемка, поэтому расчеты рекомендуется проводить на ЭВМ с учетом пространственно-временной их изменчивости.

Расчетная продолжительность поливного периода составит

$$T_{\Pi} = \frac{W_{\text{ПУ}} - W_{\text{НП}}}{\varepsilon} = \frac{W_{\text{ВП}} - m - W_{\text{НП}}}{\varepsilon}, \quad (5.12)$$

где ε – средняя за сутки расчетная интенсивность эвапотранспирации сельскохозяйственной культуры (расчетный уровень водопотребления).

В уравнение (5.12) можно ввести норматив продолжительности сработки почвенной влаги. В этом случае получим

$$T_{\text{п}} = T_{\text{н}} - T_{\text{м}}, \quad (5.13)$$

где $T_{\text{н}}$ – норматив продолжительности сработки почвенных влагозапасов в диапазоне их регулирования (от верхнего до нижнего предела) при расчетном уровне недопотребления на орошаемой площади;

$T_{\text{м}}$ – расчетный межполивной интервал, равный продолжительности сработки поливной нормы при расчетном уровне водопотребления на орошаемой площади:

$$T_{\text{м}} = m / \varepsilon. \quad (5.14)$$

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 (5.7), продолжительностей поливного периода (5.12) и межполивного интервала (5.14), а также начального предполивного уровня почвенных влагозапасов (5.10) для площади, представленной однородным почвенным покровом. Аналогичные результаты 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 применяется 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 разработке как проектного, так и эксплуатационного режимов орошения.

Глазомерные методы (по внешним признакам) основаны на определении сроков начала полива по внешнему виду (окраске или привя-

данию 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, водоудерживающей способности почв и биологических особенностей культур, находят широкое применение как в проектной, так и в 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 факторов с учетом почв и вида культуры. Воднобалансовые методы наиболее часто применяются при расчете режима орошения сельскохозяйственных культур.

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 м³/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 слоя 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 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 тепличных противозаморозковых поливов.

Противозаморозковое дождевание основано на физическом свойстве воды выделять при замерзании теплоту. Поливы необходимо проводить небольшими нормами (50–200 м³/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 с нормой от 50 до 100 м³/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 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 все-

го на засоленных почвах для удаления из корнеобитаемого слоя избыточного количества водорастворимых солей. Поливная норма при этом большая и может достигать 6–10 тыс. м³/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 преобладают над окисными (орошение поливными водами пойменных лугов, орошение рисовых земель и др.).

Режим орошения сельскохозяйственных культур в севообороте.

Этот режим учитывает 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 неукomплектованного и укomплектованного графиков полива. При их составлении 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 га, 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 м³/га, то за рассматриваемый полив культура потребляет $(a_j m_j F_j / 100)$ м³ воды. Этот объем должен быть доставлен на поле в течение поливного периода длительностью T_n суток. Расход воды (л/с), которая должна подаваться на орошение культуры на j -м участке на протяжении T_n суток полива (при круглосуточном поливе), определяют по формуле

$$q_j = a_j m_j F / 8640 T_n. \quad (5.15)$$

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:

$$q_j = a_j m_j / 8640 T_n. \quad (5.16)$$

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 неукомплектованный график полива (рис. 5.4).

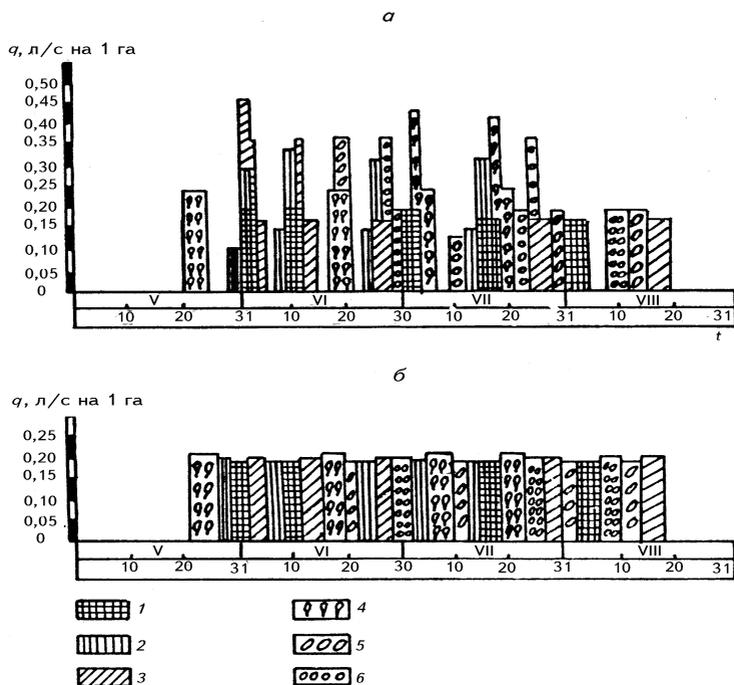


Рис. 5.4. Неукомплектованный (а) и укомплектованный (б) графики полива:

1 – капуста поздняя; 2 – капуста ранняя; 3 – томаты;
4 – столовые корнеплоды; 5 – огурцы; 6 – картофель

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. Прямоугольни-

ки, изображающие поливы разных культур, показывают на графике различной окраской или штриховкой.

Как видно из рис. 5.4, величина гидромодуля неукomплектованного 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 неукomплектованном графике эта ордината, как правило, велика. Проектировать оросительную сеть и задавать по такому графику мощность поливной техники нецелесообразно – это приведет к увеличению параметров и стоимости системы. Поэтому неукomплектованный график полива перестраивают (укomплектовывают) 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:

- количество воды, предназначенное для данного полива конкретной культуры, не должно изменяться;
- 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;
- сокращение продолжительности поливного периода ограничивается уровнем организации труда в хозяйстве и условием, чтобы расход воды в секунду не был чрезмерно велик;
- дата начала полива и интервал между началом двух соседних поливов одной и той же культуры могут изменяться не более чем на 3–5 сут;
- 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:

$$T_{\text{п}} = \frac{Fm}{86,4 \eta_m Q_{\text{д}} K_{\text{сут}} \tau} \leq T_{\text{мин}}, \quad (5.17)$$

где F – площадь орошаемого поля (нетто), га;

m – поливная норма, м³/га;

η_m – коэффициент, учитывающий потери воды на поле при дождевании (коэффициент использования воды на поле);

$Q_{\text{д}}$ – расход дождевальной машины (устройства), л/с;

$K_{\text{сут}}$ – коэффициент использования рабочего времени суток, принимаемый в зависимости от типа дождевальных машин (устройств) и учитывающий количество рабочих смен и их продолжительность;

τ – коэффициент возможных потерь рабочего времени по метеорологическим условиям;

$T_{\text{мин}}$ – минимальный межполивной интервал (в сутках) для года расчетной обеспеченности, характеризующий пиковый период спроса на воду орошаемой сельскохозяйственной культуры.

Коэффициент τ находят по формуле

$$\tau = (100 - a) / 100, \quad (5.18)$$

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 $T_{\text{п}}$ больше $T_{\text{мин}}$, 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

$$q = \sum Q_D / F_{\text{нт}}, \quad (5.19)$$

где $\sum Q_D$ – сумма расходов одновременно работающих дождевальных устройств, л/с;

$F_{\text{нт}}$ – 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 дождевальных 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 в основном 0,8–0,85. Коэффициент β при дождевании учитывает потери поливной воды на испарение и частичный унос ветром и 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.

5.5. Орошение дождеванием

Условия применения и основные характеристики искусственно-го дождя. Из существующих способов орошения (мелкодисперсное дождевание, поверхностное, внутрпочвенное, 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 возмож-

ность 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 и затраты труда на это;

- 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 м³/га) и оросительными (до 3000 м³/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);

на незасоленных почвах со средней интенсивностью искусственного дождя, не превышающей впитывающей способности почвы в конце полива;

при глубине залегания слабо- и среднеминерализованных подземных вод не менее 2,5 м, что должно быть обеспечено естественным оттоком подземных вод или дренажем;

в климатических зонах, где потери воды на испарение в зоне дождевого облака, как правило, ограничиваются 15 %, а повторяемость ветра в поливной период со скоростью, превышающей допустимую для применяемого типа дождевальной техники, составляет не более 20 %;

в случае необходимости проводить поливы специального назначения (посадочные, освежительные, удобрительные, противозаморозковые и др.);

при ограниченности водных ресурсов;

если окупаются затраты на электроэнергию и при дефиците или высокой стоимости рабочей силы;

при высоком уровне агротехники, когда для повышения продуктивности сельскохозяйственных земель использованы все другие, менее затратные факторы интенсификации.

Дождевальные насадки и аппараты. В дождевальных устройствах искусственный дождь получается за счет разбрызгивания струи воды, вытекающей из сопел или насадок под достаточно большим напором. При полете струя разрушается под действием сил тяжести, сопротивления воздуха и поверхностного натяжения воды. В траектории струи различают три структурные части: компактную, раздробленную и распыленную.

Дождевальные насадки и аппараты – это рабочие органы дождевальных машин и установок, которые преобразуют, водяной поток в дождевые капли.

Дождевальная насадка – устройство для образования искусственного дождя, не имеющее частей, совершающих перемещения независимо друг от друга.

Дождевальным аппаратом называется устройство для образования искусственного дождя и распределения его по площади полива, включающее подвижные элементы.

Дождевальные насадки разделяют на короткоструйные (радиус действия до 10 м), среднеструйные (до 30 м) и дальнеструйные (свыше 30 м). В мелиоративной практике применяются в основном

дефлекторные (отражательные) насадки и струйные дождевальные аппараты.

Дефлекторные насадки относятся к короткоструйным и работают при сравнительно низких напорах воды (рис. 5.5). В этих насадках струя воды, выходя под напором из выходного отверстия, обтекает обратный конус (дефлектор), принимает коническую форму, а затем распыляется на мелкие капли. Структура дождя регулируется перемещением дефлектора по вертикали. Достоинством этих насадок является равномерное распыление воды с допустимым размером капель при небольших напорах и затратах энергии для образования дождя, недостатком — небольшой радиус разбрызгивания и высокая интенсивность дождя, что ограничивает их применение в машинах и установках, работающих позиционно.



Рис. 5.5. Короткоструйная дождевальная насадка с конусным дефлектором:

- 1 – конус; 2 – планка; 3 – конусный дефлектор;
4 – выходное отверстие

Дефлекторные насадки применяются на дождевальном агрегате ДДА-100МА. В конструктивном исполнении короткоструйные насадки бывают и других типов (щелевые, центробежные и др.), но последние встречаются значительно реже. Короткоструйные распылители установлены на дождевальной машине «Кубань». Используются они при поливе цветников, газонов, находят широкое применение в теплицах.

Струйные вращающиеся дождевальные аппараты различных типов установлены на «Фрегате», «Волжанке», «Днепре», «Радуге», ДДН-70 и др. Принцип работы аппаратов заключается в образовании высоконапорной, вылетающей из сопла струи, которая, дробясь в воздухе на капли, увлажняет почву. Распад струи воды происходит следующим образом: при выходе из насадки она вначале сохраняет сплошную цилиндрическую форму, затем по мере удаления начинает

аэрироваться, поперечное сечение ее за счет уменьшения скорости и насыщения воздухом увеличивается, после чего поток все более теряет сплошность, и в конце концов образуется пучок капель различной величины.

Основные части струйного аппарата – это присоединительный патрубок, корпус, ствол, сопло, механизм привода вращения (рис. 5.6). Вращение ствола аппарата может осуществляться при помощи коромысла, вращающейся гидравлической турбинки, реактивной силы выходящей струи воды или за счет энергии двигателя базовой машины.

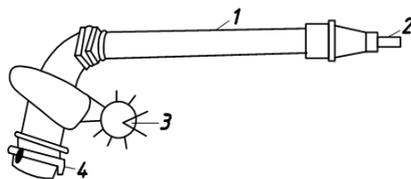


Рис. 5.6. Дальнеструйный дождевальная аппарат:
1 – ствол; 2 – сопло; 3 – механизм привода вращения (гидравлическая турбинка); 4 – присоединительный узел

Расход воды в насадках и аппаратах зависит от площади и формы выходного отверстия, напора воды, способа подвода к насадке или соплу. Для расчета используют формулу из гидравлики

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (5.20)$$

где Q – расход воды, м³/с;

ω – площадь поперечного сечения отверстия, м²;

g – ускорение свободного падения (9,8 м/с²);

H – напор воды у насадки, м;

μ – коэффициент расхода, зависящий от формы подхода воды к отверстию (для дефлекторных насадок 0,80–0,94, для струйных 0,94–0,99).

С учетом конструктивных особенностей дождевальных насадок и аппаратов, а также условий их работы разной будет и дальность полета струи. Для определения дальности полета струй предложено много эмпирических зависимостей. Например, дальность полета струи (м) у струйных дождевальных аппаратов (при угле вылета 32,5°) можно вычислить по формуле Цункера

$$R = 1,55H_0 \left(\frac{0,9H_0}{4,9 + H_0} \right) \sqrt{1000d_0}, \quad (5.21)$$

где H_0 – напор перед насадкой с учетом скорости подхода, м;
 d_0 – диаметр насадки, м.

Все другие формулы также учитывают в основном напор перед отверстием насадки, диаметр насадки (диаметр струи при выходе из насадки) и угол вылета струи.

Качество дождя в аппаратах струйного типа зависит от напора воды и диаметра сопла насадки. Наиболее высокое качество дождя обеспечивается при отношении напора воды в насадке к диаметру струи (сопла), равном 1800–2400.

Характеристики искусственного дождя. Дождь, создаваемый дождевальными насадками и аппаратами, может быть непрерывным и прерывистым.

Под *непрерывным* понимают такой дождь, при котором поливаемая с одной позиции площадь увлажняется непрерывно в течение времени, необходимого для выдачи заданной поливной нормы. Создается обычно дефлекторными насадками, устанавливаемыми стационарно на неподвижном дождевальном крыле или ферме.

При *прерывистом дожде* происходит перемещение увлажняемого контура по поливаемой с одной позиции площади. Такой искусственный дождь получают при поливе струйными аппаратами, вращающимися вокруг вертикальной оси. Создается он также при перемещении по орошаемому полю дождевальных устройств, оборудованных дефлекторными насадками и струйными аппаратами.

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, выпадающего 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:

$$i_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{ср}}}{t} \quad \text{или} \quad i_{\text{ср}} = \frac{60 Q}{F}, \quad (5.22)$$

где $h_{\text{ср}}$ – средний слой выпавших осадков, мм;
 t – продолжительность полива, мин;
 Q – расход дождевальной машины, л/с;
 F – площадь полива, м².

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 составлять 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 их отпечатков 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 ($K_{\text{э}}$), недостаточного ($K_{\text{н}}$) и избыточного ($K_{\text{и}}$) поливов:

$$K_{\text{э}} = \frac{F_{\text{э}}}{F}; \quad K_{\text{н}} = \frac{F_{\text{н}}}{F}; \quad K_{\text{и}} = \frac{F_{\text{и}}}{F}, \quad (5.23)$$

где $F_{\text{э}}$, $F_{\text{н}}$, $F_{\text{и}}$ – 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 ± 25 %. Остальная площадь будет недостаточно или избыточно политой.

Чтобы вода полностью впитывалась в почву, а структура почвы при этом не разрушалась, дождевание желательно проводить небольшой интенсивностью и мелкими каплями. Поэтому при выборе дождевальной техники, наиболее соответствующей условиям конкретного объекта, необходимо анализировать факторы, влияющие на допустимую интенсивность дождевания – главное ограничение для качественного полива.

Интенсивность дождя, при которой обеспечивается выдача заданной поливной нормы без образования луж и стока воды по полю, называется *допустимой*. Зависит она от целого ряда факторов, основными из которых являются гранулометрический состав почвы, уклон участка, вид искусственного дождя (непрерывный и прерывистый), состояние поверхности участка (с растительностью или без растительности), уровень предполивной влажности, диаметр капель (табл. 5.4).

Таблица 5.4. Допустимая интенсивность прерывистого дождевания среднесуглинистых почв при предполивной влажности 70 % НВ, мм/мин

Поливная норма, м ³ /га	Уклон поверхности почвы					
	0,00–0,05		0,05–0,08		0,08–0,12	
	без растительности	с растительностью	без растительности	с растительностью	без растительности	с растительностью
100	0,38	0,57	0,29	0,44	0,18	0,31
200	0,23	0,30	0,15	0,22	0,10	0,14
300	0,14	0,21	0,08	0,12	0,07	0,09
400	0,08	0,13	0,06	0,10	0,06	0,06

Для песчаных и торфяных почв данные табл. 5.4 необходимо увеличить примерно на 20–30 %, для супесчаных и легкосуглинистых – на 10–15 %; для тяжелосуглинистых уменьшить на 20–25 %, для глинистых – на 50–60 %. При предполивной влажности почвы 80 % НВ допустимую интенсивность следует уменьшить на 20–30 %, а при 90 % НВ – на 40–50 %. Все приведенные данные по допустимой интенсивности характерны для диаметра капель до 2 мм.

Условие качественного полива будет соблюдено, если требуемая норма полива не превышает допустимого значения $m_{\text{доп}}$ в конкретных условиях

$$m \leq m_{\text{доп}}. \quad (5.24)$$

Величина *допустимой поливной нормы* ($m_{\text{доп}}$) определяется соответствием между интенсивностью дождя и впитывающей способностью почвы, которая, как и допустимая интенсивность, зависит от вида и структуры дождя, типа почвы, исходной влажности, уклона поверхности, состояния растительности (а для культурных пастбищ и от года их использования).

Для качественного полива необходимо, чтобы средняя интенсивность дождя не превышала впитывающей способности почвы. Такая интенсивность, не вызывающая образования луж и поверхностного стока, называется *допустимой*.

В зависимости от интенсивности дождя и крупности капель поливная норма $m_{\text{доп}}$, которая может впитаться в почву до момента образования луж и поверхностного стока, определяется по зависимости

$$m_{\text{доп}} = \frac{P}{\sqrt{ie^{0,5d}}}, \quad (5.25)$$

где P – показатель безнапорной водопроницаемости почвы при дождевании, мм;

i – интенсивность дождя, мм/мин;

e – основание натурального логарифма;

d – средний диаметр капель, мм;

Важное условие качественного дождевания – равномерность распределения воды по орошаемому полю, которая, как указывалось выше, характеризуется коэффициентом эффективного полива. Его значения при прочих равных условиях (диаметр насадки, напор, расход и т. д.) находятся в тесной взаимосвязи со скоростью и направлением ветра.

Допустимой скоростью ветра, при которой обеспечивается качественный полив, следует считать для среднеструйных машин 3–5, дальнеструйных – 2–3 м/с.

В процессе дождевания имеют место потери оросительной воды. Существуют два вида потерь:

– потери на испарение с поверхности капель при их полете от насадки до поверхности растения или почвы и унос капель ветром за пределы орошаемой площади;

– задержание оросительной воды листьями и стеблями растений, а также ее испарение с поверхности растений за промежуток времени между отдельными проходами дождевальной техники. Наиболее существенным является первый вид потерь оросительной воды.

На основе экспериментальных исследований, проведенных в Беларуси, получена формула (М. Г. Голченко, В. И. Невдах) по определению потерь воды на испарение и унос ветром (%) для среднеструйных дождевальных устройств (применима при скорости ветра 0,4–5,5 м/с и дефиците влажности воздуха 3,1–23,7 мб):

$$U = 2,86v_a + 0,25d + 2,56, \quad (5.26)$$

где d – дефицит влажности воздуха, мб.

Существует целый ряд подобных эмпирических формул, позволяющих находить потери в зависимости от метеорологических и других условий.

Объем воды, задерживающейся на растениях и испаряющейся с них, зависит от вида растений, густоты их стояния (фазы развития), поливных норм, типа дождевальных машин и метеорологических факторов. В. А. Анисимов и М. С. Мансуров рекомендуют определять объем воды (мм), испаряющейся с поверхности растений при прерывистом дождевании, по зависимости

$$w = w_3 (m / it + 1), \quad (5.27)$$

где w_3 – объем воды, который может задержаться на листовой поверхности, мм;

m – поливная норма, мм;

i – интенсивность дождя, мм/мин;

t – время полного обсыхания растений после полива, мин (30–40 мин).

Коэффициент, учитывающий все потери воды при дождевании, вычисляется как

$$\eta_m = \frac{100}{100 + \Sigma U_m}, \quad (5.28)$$

где ΣU_m – общие потери воды на поле в процессе полива, выражаемые в процентах от поливной нормы (водоподачи).

Результаты расчетов и опытные данные свидетельствуют о том, что средняя величина коэффициента η_m в условиях Беларуси колеблется в пределах 0,85–0,95.

Для контроля качества полива рекомендуется использовать автоматические приборы, принципиальная схема одного из них приведена на рис. 5.7.

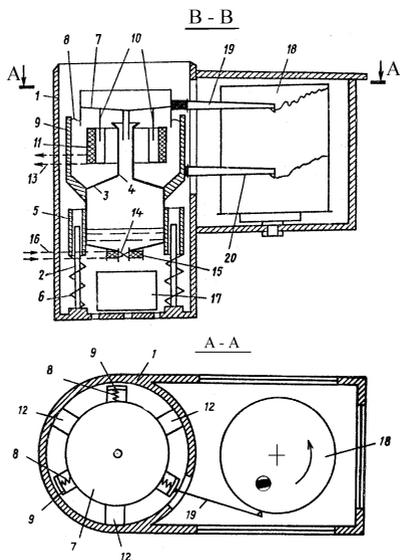


Рис. 5.7. Устройство для управления поливом дождеванием:
 1 – корпус; 2 – стойки; 3 – осадкомерный сосуд; 4 – горловина;
 5 – втулки; 6 – пружина; 7 – воронка; 8 – упругий элемент;
 9 – кронштейн; 10 – кольцевой сердечник; 11 – катушка датчика;
 12 – кронштейн крепления катушки; 13 – линия связи;
 14 – сливное отверстие; 15 – соленоидный клапан;
 16 – линия обратной связи; 17 – контрольный сосуд;
 18 – барабан самописца; 19, 20 – стрелки

Необходимость разработки подобных приборов обусловлена еще и тем, что контроль требуемой поливной нормой с помощью объемных дождемеров затруднен по санитарным соображениям. Кроме того, из-за повышенной вязкости стоков в процессе полива они расплываются на более крупные капли, чем чистая вода. Поэтому качество полива в значительной степени зависит не только от равномерности распреде-

ления дождя по площади поля, но и от его энергетических характеристик. Ведь искусственный дождь, образующийся при дождевании животноводческими стоками, характеризуется повышенными энергетическими характеристиками за счет более крупных капель.

Принцип действия устройства основан на преобразовании энергии искусственного дождя посредством воронки водоприемной части устройства и катушки датчика в электрический сигнал. На величину этого сигнала также оказывает влияние масса воды, попавшая в осадкосборный сосуд, т. е. поливная норма.

5.6. Классификация дождевальных устройств и требования к ним

Классификация дождевальных устройств. По способу перемещения дождевальные устройства подразделяют на дождевальные агрегаты, машины и установки.

Дождевальной машиной называют устройство для орошения сельскохозяйственных культур, имеющее двигатель или привод, ходовую часть и дождевальные аппараты или насадки, перемещаемые по орошаемой площади за счет механической энергии (например, «Волжанка» и др.) или энергии воды в напорных водоводах (например, «Фрегат» и др.).

Дождевальная установка состоит из комплекта оборудования для позиционного полива сельскохозяйственных культур, включающего водопроводящие трубопроводы и дождевальные аппараты или насадки. Она устанавливается и перемещается на орошаемом участке вручную или при помощи средств механизации (например, КИ-50, ДДН-70 и др.).

Дождевальные агрегаты состоят из самоходной опоры и насосного агрегата, смонтированного в комплекте с дождевальным устройством (например, ДДА-100МА и др.).

Дождевальные устройства различают также:

по напору (низконапорные – до 30 м, высоконапорные – более 30 м);

по принципу работы (работающие в движении или позиционно);

по радиусу действия струи дождевального аппарата или насадки (короткоструйные – радиус действия до 10 м, среднеструйные – до 30 м, дальнеструйные – свыше 30 м);

по типу используемой оросительной сети (закрытые или открытые);

по способу передвижения на поливном участке (самоходные, переносные и т. д.).

В соответствии с общепринятой классификацией дождевальная техника подразделяется на следующие виды:

широкозахватные многоопорные дождевальные машины с фронтальным перемещением, работающие в движении с водозабором из открытой и закрытой оросительной сети;

дождевальные машины кругового действия, работающие в движении с водозабором из закрытой оросительной сети или непосредственно из скважины;

дождевальные машины позиционного действия с фронтальным перемещением, с водозабором из открытой оросительной сети;

дальнеструйные дождевальные машины позиционного действия, с водозабором из закрытой или открытой оросительной сети;

шлейфы позиционного действия, с водозабором из закрытой оросительной сети;

полосовые шланговые дождеватели, работающие в движении, с водозабором из закрытой или открытой оросительной сети;

средне- и дальнеструйные дождевальные аппараты, с водозабором из закрытой оросительной сети на стационарных системах и в комплектах ирригационного оборудования.

Дождевальную технику можно применять для проведения влагозарядковых, предпосевных, вегетационных, освежительных, посадочных, противозаморозковых поливов, для внесения минеральных удобрений и микроэлементов с поливной водой.

Общие требования, предъявляемые к дождевальным устройствам, в основном заключаются в следующем:

интенсивность дождя должна соответствовать впитывающей способности почв и находиться в допустимых пределах с учетом конкретных условий участка;

диаметр капель не должен превышать 1–2 мм;

при максимальной экономичности, минимальной металло- и энергоемкости должна обеспечиваться подача воды в размере, предусмотренном поливными режимами для орошения сельскохозяйственных культур, при исключении поверхностного стока и непроизводительных потерь воды;

равномерность распределения дождя должна быть как можно более высокой (коэффициент равномерности не ниже 0,7–0,8);

должна обеспечиваться высокая эксплуатационная надежность, маневренность и проходимость (при как можно более длительном сроке службы), высокая производительность, простота в устройстве и эксплуатации, а также возможность автоматизации процесса полива.

Имеющиеся в литературе классификации дождевальных систем разнообразны. Различают дождевальные системы по степени капитальности и по ограничениям на схему работы дождевальных устройств. Их разделяют на стационарные, полустационарные и передвижные.

Стационарные дождевальные системы состоят из стационарного водоподающего комплекса, состоящего из водозабора, стационарной, насосной станции, подземных трубопроводов с гидрантами, к которым подключены стационарно расположенные дождевальные устройства, осуществляющие полив в течение оросительного периода без изменения позиции.

Полустационарные дождевальные системы состоят из тех же элементов, но водозаборные сооружения, насосные станции и оросительная сеть занимают постоянное положение, а полив производится дождевальными устройствами, которые в процессе полива перемещаются по орошаемой площади.

Передвижные системы состоят из мобильного водозаборного и водоподающего оборудования, скомпанованного в одном узле, распределительной сети (мобильной) и дождевальных устройств, в процессе полива перемещающихся по орошаемой площади. Кроме того передвижные системы подразделяются на ограничено мобильные и мобильные.

Ограничено мобильные дождевальные системы состоят из мобильного агрегата, включающего смонтированные на нем водозаборный комплекс, распределительную систему и дождевальные устройства. Полив ведется с забором воды, как правило, из открытых водоисточников с подачей непосредственно в дождевальные устройства через распределительную систему. Необходимый для дождевания напор создается водозаборным комплексом. Схема полива ограничивается расположением стационарной водоподводящей безнапорной сети.

На *мобильных дождевальных системах* полив производится путем перемещения дождевальных устройств по орошаемой площади с забо-

ром воды с помощью передвижного водоподающего комплекса, включающего водозабор, насосную станцию и напорный трубопровод. Схема полива ограничивается расположением водоисточника и длиной передвижного водоподающего комплекса.

Характеристика дождевальных устройств. *Дальнеструйные дождевальные аппараты типа ДД (ДД-15, ДД-30, ДД-50, ДД-80)* применяют, как правило, на стационарных дождевальных системах. Но они могут работать и от передвижных трубопроводов. На таких системах вместо дождевальных машин в определенном порядке по всей орошаемой площади размещают отдельные аппараты. Вода к аппаратам подается по напорным трубопроводам, снабженным в местах подключения аппаратов стояками или специальными гидрантами. Дождевальные аппараты обычно работают группами поочередно. Тип дождевального аппарата выбирают так, чтобы интенсивность и структура дождя соответствовали водно-физическим свойствам почв и уклону орошаемого участка. Гидроуправляемый клапан, с помощью которого регулируется подача воды к дождевальным аппаратам, позволяет полностью автоматизировать работу оросительной системы.

Дальнеструйные дождевальные аппараты по принципу работы похожи друг на друга, а отличаются в основном расходом воды, радиусом полета струи и интенсивностью дождя. Масса одного аппарата составляет 15–25 кг. Расход воды: ДД-15 – 5,5 л/с; ДД-30 – 15–30 л/с; ДД-50 – 30–50 л/с; ДД-80 – 50–80 л/с. Радиус полива по крайним каплям: ДД-15 – 40–55 м; ДД-30 – 50–70; ДД-50 – 65–70 м; ДД-80 – 70–80 м.

Полив дальнеструйными дождевальными аппаратами может производиться по кругу (при прямоугольной или треугольной схеме расположения гидрантов) или по сектору. Полив по сектору рекомендуется при скорости ветра более 2–3 м/с.

Комплекты синхронного импульсного дождевания типа КСИД (наибольшее распространение получили КСИД-10 и КСИД-30, «Коломна-15» и др.) состоят из насосной станции, генератора командных сигналов, трубопроводной сети, импульсных дождевателей, электромеханического и контрольно-измерительного оборудования. Их применяют для полива многолетних насаждений, кормовых и других культур, прежде всего на крутых склонах и расчлененном рельефе.

Система включает водозаборное сооружение, насосную станцию, линии связи, систему автоматизации управления поливом,

оросительную сеть с импульсными дождевальными аппаратами. Работает комплект в режиме чередующихся циклов «пауза – выплеск». Такие циклы следуют волнами один за другим. Подаваемая на поле вода не только повышает влажность в корнеобитаемом слое почвы, но и улучшает микроклимат в приземном слое воздуха.

КСИД-10 может устраиваться на участках со сложным рельефом, с перепадом геодезических высот различных точек орошаемого участка не более ± 15 м, на почвах сильной, средней и слабой водопроницаемости. КСИД-10 обеспечивает качественный полив при скорости ветра не более 5 м/с. Площадь полива одним комплектом КСИД-10 составляет 10,48 га; водоподача – 90 м³/сут; расстояние между дождевателями равно 48 м, а между поливными трубопроводами – 42 м; количество дождевателей – 52–55 шт. Средняя интенсивность дождя – 0,002–0,001 мм/мин, коэффициент земельного использования 0,99. Один человек обслуживает 8–10 комплектов. Средний коэффициент эффективного полива составляет 0,57–0,61.

Комплект КСИД-30, как и КСИД-10, представляет собой автоматически действующую оросительную систему для полива площади 30 га и не имеет принципиальных отличий. В комплект входят насосная станция открытого типа (одно- или многоагрегатная), 165 дождевателей; удельная протяженность трубопроводов составляет 240 м/га. Один человек обслуживает три комплекта.

Дождевальная машина «Фрегат» – многоопорная автоматизированная позиционная круговая дождевальная машина с центральной осью вращения. Она выполнена в виде движущегося по кругу многоопорного трубопровода с размещенными на нем среднеструйными дождевальными аппаратами. Машина «Фрегат», обеспечивает проведение влагозарядковых, вегетационных, предпосевных, освежающих и удобрительных поливов. Полив проводит в движении по кругу (вокруг неподвижной опоры) с забором воды из закрытой оросительной сети или скважины (рис. 5.8). Машина состоит из центральной неподвижной опоры, водопроводящего пояса со среднеструйными дождевальными аппаратами и сливными клапанами, самоходных А-образных опор, системы автоматической синхронизации скорости движения и систем механической и электрической защиты от поломок. Водопроводящий трубопровод выполнен из стальных оцинкованных труб переменного сечения. Промышленностью могут выпускаться машины с различным числом опор, вследствие чего изменяется соответственно и конструктивная

длина установки. При 16 опорах длина машины составляет 453,5 м, расход воды – 50, 70 и 100 л/с, площадь полива с одной позиции – 72 га. Пределы регулирования поливной нормы – от 240 до 1200 м³/га, время полного оборота – от 50 до 250 ч.

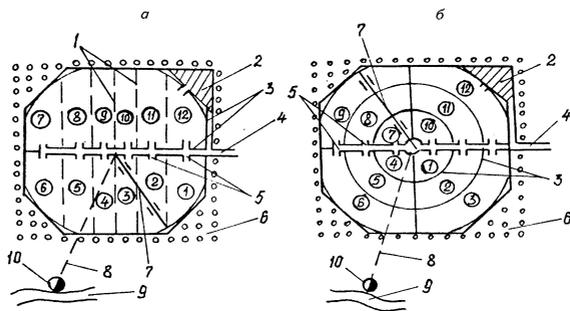


Рис. 5.8. Примерная схема орошения культурных пастбищ дождевальной установкой «Фрегат» с загонами прямоугольной (а) и сегментной (б) формы:

- 1 – электроизгородь; 2 – летний лагерь; 3 – постоянная изгородь;
4 – скотопрогон; 5 – ворота; 6 – лесонасаждения; 7 – «Фрегат»;
8 – напорный трубопровод; 9 – водоисточник; 10 – насосная станция

На орошаемом участке машины можно использовать для полива с одной или двух позиций. Перевозят машину в осевом направлении трактором-буксировщиком.

Улучшенная модификация машины «Фрегат» типа ДМУ-А отличается от серийной машины наличием в трубопроводе трех типов гибких вставок из резинотканевого бронированного снаружи рукава и гибких пролетов, чередующихся с серийными (жесткими). Все это расширяет условия ее применения при идентичных технико-экономических показателях. Допустимый общий уклон поверхности поля по длине машины составляет $\pm 0,03 - \pm 0,05$. Площадь, орошаемая с одной позиции, – до 61,2 га, количество самоходных опор – до 15 шт., длина – до 416,5 м. ДМУ-Б отличается от машины «Фрегат» водопроводящим трубопроводом, системой тросов, тележками и др. Система тросов позволяет обеспечить работу машины на полях с уклоном от $\pm 0,007$ до $\pm 0,05$. Число опор – до 22 шт., длина – до 611,8 м. Коэффициент земельного использования в пределах орошаемого круга составляет 0,98, повреждаемость растений – 0,8–1,6 %.

Во всех модификациях машин поливная норма регулируется путем изменения скорости движения последней тележки. Скорость остальных тележек обеспечивается автоматической системой синхронизации движения машины. Движение опор осуществляется от гидроприводов за счет энергии (напора) воды, подаваемой на полив. Совершенствование дождевальных машин с поливом в движении по кругу (типа «Фрегат») проводится в направлении облегчения конструкции неподвижной опоры, водопроводящего пояса и отдельных узлов, дальнейшей отработки технических решений для полива углов прямоугольных участков, полива в движении по кругу или в процессе фронтального перемещения.

Позиционные полосовые дождевальные устройства (шлейф-трубопроводы) представляют собой трубопровод, на котором на определенном расстоянии друг от друга размещаются дождевальные аппараты. Полив проводится позиционно, с питанием от гидрантов закрытых оросителей. В зависимости от конструкции дождевальные шлейфы могут устанавливаться на салазках или на колесах. Транспортируют их с одной позиции на другую, перемещая с помощью трактора. Одиночное применение шлейфа нецелесообразно. Одновременно применяют 7–10 шлейфов.

Дождевальные шлейфы широко применялись в США в 70–80-е гг. XX в. Наиболее известны шлейфы фирмы «Hastings Irrigation Pipe Co.» и «Pierce Corp.». Наиболее распространенными являются марки дождевальных шлейфов российского производства ДШ-25/300, СДУ-50/500 и др.

Дождевальный шлейф ДШ-25/300 предназначен для позиционного полива сельскохозяйственных культур. Состоит из стального трубопровода длиной 150 м, трех карусельных дождевателей «Тимирязевец», размещенных по длине трубопровода через 50 м друг от друга (рис. 5.9).

Расход воды дождевального шлейфа – 25 л/с, площадь полива на одной позиции (с учетом перекрытия) – 0,9 га, средняя интенсивность дождя – 0,17 мм/мин, производительность – 25 га в сезон. Длина полосы полива с одной позиции – 150 м, ширина – 60 м; соответственно расстояние между постоянными трубопроводами – 300 м, а между гидрантами на постоянном трубопроводе – 60 м.

Карусельный дождеватель «Тимирязевец» состоит из двух алюминиевых трубчатых стволов. На конце одного из них установлена дождевальная насадка с конусным дефлектором, а на конце другого –

струйное сопло, которое отклоняется от оси ствола. При выбросе струи создается реактивное усилие, достаточное для вращения карусели. С позиции на позицию шлейф перемещается трактором без разборки.

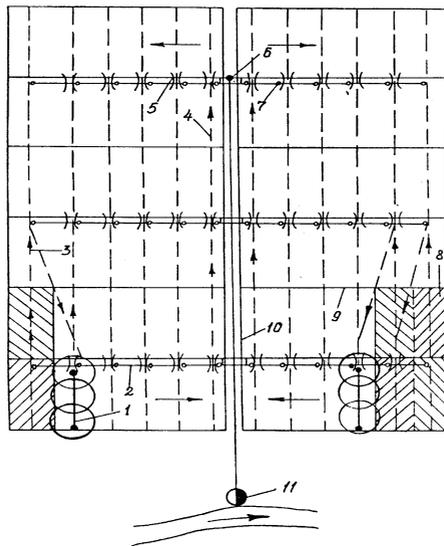


Рис. 5.9. Схема орошения дождевальным шлейфом ДШ-25/300 культурных пастбищ:

- 1 – дождевальная шлейф; 2 – разборный трубопровод;
- 3 – направление перемещения шлейфов; 4 – направление полива;
- 5 – труба-переезд; 6 – заглушка; 7 – гидрант;
- 8 – политая площадь; 9 – линия ограждения пастбищ;
- 10 – скотопрогоны; 11 – насосная станция

Фронтальные дождевальные устройства – это, как правило, самоходные многоопорные устройства с большой шириной захвата и питанием от гидрантов напорной оросительной сети. К этой группе относятся колесные дождевальные трубопроводы ДКШ-64 «Волжанка», ДКГ-80 «Ока», ДКН-80, КДТ-25, ДК-60; многоопорные машины «Коломенка-100», МДФА «Таврия», ДФ-120 «Днепр» и др. (Россия).

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 оросительного трубопровода. Дождевальное крыло представляет собой водопроводящий трубопровод, на котором жестко закреплены металлические колеса. В центре крыла имеется приводная тележка с двигателем внутреннего сгорания, приводящим в движение колесный трубопровод путем его качения. Переезд с позиции на позицию осуществляется фронтально, с приводом от двигателя внутреннего сгорания мощностью 3 кВт.

Машина имеет два дождевальных крыла, работающих независимо друг от друга с питанием от различных гидрантов (рис. 5.10). Высота поливного трубопровода над землей у ДКШ составляет 89 см. Средняя интенсивность дождя с учетом перекрытия – 0,27 мм/мин. Одну-три установки обслуживает один человек.

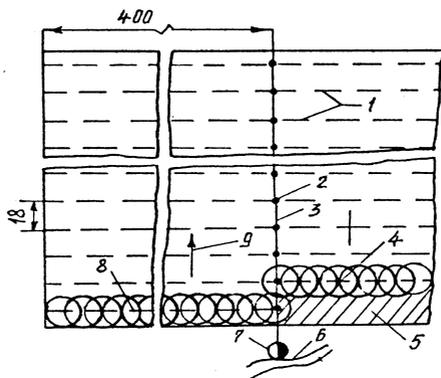


Рис. 5.10. Примерная схема полива ДКШ-64:

- 1 – позиции дождевальных крыльев; 2 – гидрант;
- 3 – оросительный трубопровод; 4 – первое крыло ДКШ-64;
- 5 – поливаемая площадь; 6 – водосточник; 7 – насосная станция;
- 8 – второе крыло ДКШ-64; 9 – направление перемещения крыльев

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. 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 составляет 800 м, расход воды – 64 л/с. Поэтому данная модификация машины называется ДКШ-64.

Достоинства ДКШ – простота конструкции, хорошее качество дождя, невысокая металлоемкость. Недостатки – значительные отклонения отдельных секций трубопровода от прямолинейного положения из-за неровностей рельефа, возможность полива только низкорослых культур, большие переходы при обслуживании установки. Коэффициент земельного использования составляет 0,97, повреждаемость растений колеблется в пределах 0,3–2,0 %.

Чтобы один человек мог обслуживать несколько ДМ «Волжанка», применяется электрический привод для перемещения их от гидранта к гидранту. Привод состоит из автономного источника питания на базе самоходного шасси и собственного электропривода «Волжанки» с электродвигателем. ДКШ может забирать воду и из открытых оросителей, для чего применяется передвижная насосная станция типа СНП-50/80, которая обеспечивает рабочие расходы и напор в дождевальном трубопроводе. Чтобы повысить проходимость серийной машины, на ведущей тележке вместо двух ведущих колес установлено четыре.

Дождевальная машина «Ока» (ДКГ-80) создана на базе ДКШ-64. Состоит из двух крыльев, работает позиционно с водозабором от гидрантов закрытой оросительной сети. Для перекачивания трубопровода установлена тележка с гидроприводом.

На водопроводящем трубопроводе имеются среднеструйные аппараты типа «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. Вдоль основного водопроводящего трубопровода проложен управляющий трубопровод, который служит для подачи воды в гидропривод при переезде машины и для управления работой дождевальных аппаратов. В процессе полива переключение групп дождевальных аппаратов происходит в автоматическом режиме через 15 мин. Команда на переключение подается программатором, от которого импульсы давления по управляющему трубопроводу поступают к гидроуправляемым клапанам, смонтированным на механизмах самоустановки дождевальных аппаратов.

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).

Поочередная работа дождевателей на этой машине обеспечивает значительно лучшую равномерность распределения воды по площади и возможность увеличивать поливную норму без образования стока. По сравнению с ДКШ-64 улучшаются условия труда оператора, отпадает необходимость его переходов к ведущей тележке для смены позиции машины, увеличивается коэффициент использования времени смены.

Многоопорный дождевальный трубопровод ДКН-80 имеет высокую степень унификации с машиной ДКШ-64 «Волжанка». Он 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 2 % сухого вещества с размером частиц до 10 мм. Его используют и для орошения чистой водой с внесением минеральных удобрений при помощи гидроподкормщика.

Основные сборочные единицы ДКН-80: механизм самоустановки дождевального аппарата и сливного клапана; сливной клапан с принудительным открытием; односплошный среднеструйный дождевальный аппарат, созданный на базе «Роса-3» и способный работать на подготовленных животноводческих стоках; устройство для крепления и самоустановки аппарата на конце крыла.

Дождевальная машина унифицированная *ТКУ-100 (трубопровод колесный унифицированный)* представляет собой многоопорный колесный трубопровод позиционного действия с электроприводом или с двигателем внутреннего сгорания для смены позиций. Работает, как и «Волжанка», от закрытой оросительной сети или быстроразборного трубопровода. Машина предназначена для полива низкостебельных сельскохозяйственных культур чистой водой и подготовленными животноводческими стоками влажностью не менее 98 %.

Выпускаются десять модификаций ТКУ-100 для полива как чистой водой, так и стоками: ТКУ-100-01...ТКУ-100-10. Все они собираются

из унифицированных узлов и сменных рабочих органов. Смена позиций осуществляется с помощью электропривода от самоходной электростанции мощностью 4 кВт на базе тракторного шасси. Управление электроприводом и генератором производится из кабины шасси. ТКУ-100 имеет диаметр водовода 150 мм против 130 мм на ранее выпускавшихся моделях ДКШ и ДКН. Это позволило несколько увеличить расход и снизить искривление поливного трубопровода при смене позиций. Для работы на ранее построенных оросительных сетях предусмотрена возможность снижения расхода унифицированных моделей ТКУ путем смены сопел дождевальных аппаратов. Технология полива аналогична ДКШ и ДКН.

Многоопорные фронтальные дождевальные машины «Коломенка-100», МДФА «Таврия», ДФ-120 «Днепр» принципиально схожи между собой. В США применялись ДМ «Рейнжер» аналогичной конструкции. Основные узлы машин: водопроводящий секционный трубопровод, опирающийся на опорно-ходовые тележки, дождевальные аппараты, блок энергетической установки с дизель-генератором и масляным насосом (у машины ДФ-120 «Днепр» – электрическая передвижная станция), механизм управления с системой синхронизации передвижения машины, водозаборное устройство.

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. 5.11). Расстояние между гидрантами составляет 54 м, между оросителями – 920 м. Расход воды – 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, расхода воды на 7 л/с.

Водопроводящий пояс установлен на 17 самоходных опорах с приводом от электродвигателей. Питание двигателей осуществляется от электростанции, которая навешена на трактор ЮМЗ-6М, оборудованный ходоуменьшителем. Трактор с электростанцией обслуживает три-четыре дождевальные машины.

Машина имеет сравнительно высокую производительность и обеспечивает полив высокостебельных культур. При этом отпадает необходимость в переходах обслуживающего персонала по политому полю для пуска двигателей и для сопровождения машины при ее передвижении. Не требуется также периодически выравнивать машину

по фронту вручную. Эксплуатационная надежность повышена введением автоматической системы синхронизации передвижения опор. Машина перемещается на новую позицию с помощью трактора и электродвигателей опорных тележек.

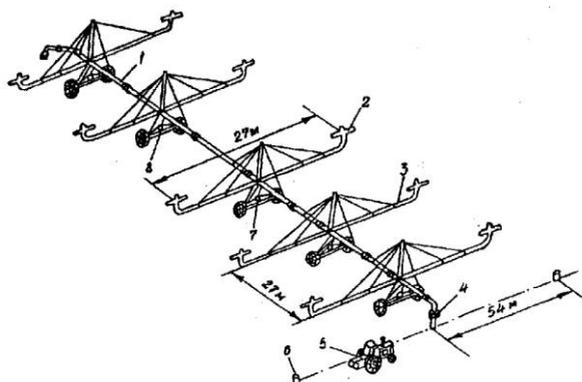


Рис. 5.11. Конструктивная схема дождевальной машины «Днепр»:
 1 – водопроводящий трубопровод; 2 – дождевальные аппараты;
 3 – фермы-открылки; 4 – водозаборное устройство; 5 – электрическая станция, навешенная на трактор; 6 – гидрант оросительной сети

Электрифицированная дождевальная машина фронтального действия ЭДМФ «Кубань» предназначена для полива различных сельскохозяйственных культур на крупных орошаемых массивах. Состоит из двух крыльев, представляющих собой многоопорную предварительно напряженную пространственную ферму с водопроводящим трубопроводом (рис. 5.12).

Каждое крыло состоит из семи шарнирно соединенных между собой пролетов длиной 52,5 м каждый, опирающихся на опорные тележки.

Опорная тележка включает приводные мотор-редукторы, колесные редукторы и опирается на два колеса на резиновом ходу. В движение опорные тележки приводятся электродвигателями, питание которых осуществляется от генератора насосно-силового агрегата, установленного на центральной тележке. Четырехколесная центральная тележка, на которую опирается трубопровод центрального пролета, имеет кроме дизель-насосного агрегата с генератором щиты управления машиной, соединенные посредством

кабелей с механизмами автоматики, которые расположены на каждой опорной тележке.

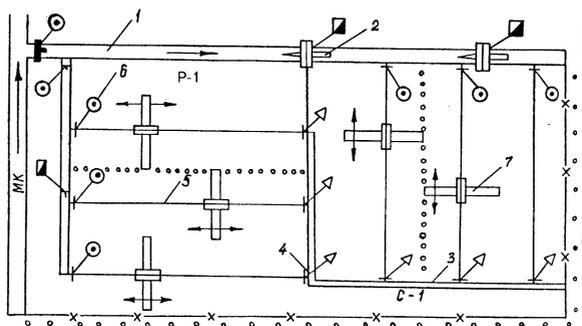


Рис. 5.12. Схема самотечной оросительной системы с дождевальными машинами «Кубань»:

- 1 – распределительный канал с каскадным регулированием;
- 2 – перегородаживающие сооружения; 3 – сбросной канал;
- 4 – сбросное сооружение; 5 – оросители; 6 – водовыпуск в ороситель;
- 7 – дождевальная машина «Кубань»

Дождевальная машина «Кубань» полив осуществляет в движении с водозабором из бетонированного канала или каналолотка. Оборудована она низконапорными короткоструйными распылителями. Ширина захвата поливом (длина дождевальной машины) составляет 800 м, расход воды – 180 л/с, максимальная средняя рабочая скорость движения – 1,8 м/мин, а минимальная – 0,20 м/мин. За сезон машина может обеспечить полив угодий на площади 150–200 га. Максимально допустимый общий уклон поля вдоль машины составляет 0,007, а местный уклон между тремя тележками допускается до 0,03. За один проход машина может выдать слой дождя в пределах 60–700 м³/га.

Дождеватель дальнеструйный навесной ДДН-70 – компактная высокоманевренная машина. Состоит из дальнеструйного аппарата, повышающего редуктора, центробежного насоса с всасывающей линией, механизма вращения и гидроподкормщика. Все узлы дождевателя смонтированы на специальной металлической раме, навешиваемой на трактор. Диаметр малой насадки постоянен (16 мм). Главный ствол имеет сменные сопла с диаметром отверстий 35, 45, 50, 55 мм. В основном пользуются соплом с диаметром отверстия 55 мм, которое позволяет получить максимальный расход воды 70 л/с.

Средний радиус действия без перекрытия – 70 м. Вращение ствола дождевального аппарата осуществляется с помощью дополнительного редуктора от выходного вала основного редуктора. Средняя интенсивность дождя при поливе по кругу с учетом перекрытия составляет 0,435 мм/мин.

ДДН-70 предназначен для полива овощных, кормовых, технических культур, садов и лесопитомников. В последних случаях дождеватель комплектуется удлинительной вставкой. При поливе нежных, а также молодых растений следует большую насадку заменить на одну из насадок с меньшим диаметром (45 или 35 мм).

Дождеватель работает позиционно с забором воды из открытых оросителей, а также (при дополнительной комплектации насосной станцией и напорным трубопроводом) из гидрантов (рис. 5.13), что по схеме полива приближает его к мобильным дождевальным системам, но значительно повышает стоимость орошения. Он оборудован гидроподкормщиком, чтобы вносить удобрения одновременно с поливом. Недостатки: высокая энергоемкость, неравномерное распределение дождя, высокая интенсивность дождя.

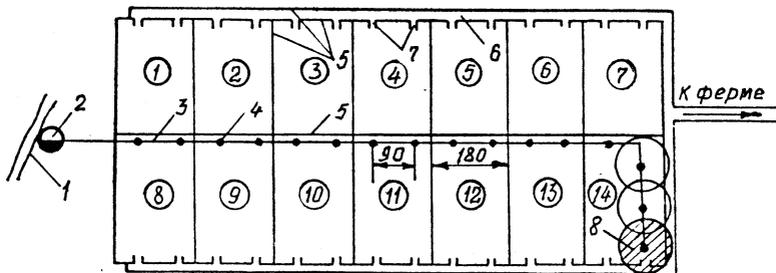


Рис. 5.13. Примерная схема полива культурного пастбища ДДН-70 (из разборного трубопровода):
 1 – водоисточник; 2 – насосная станция; 3 – разборный трубопровод; 4 – гидрант; 5 – изгородь (постоянная или переносная);
 6 – скотопрогон; 7 – ворота; 8 – площадь полива с одной позиции

Дождеватель дальнеструйный навесной ДДН-100 по принципу и схеме работы аналогичен ДДН-70, но более производительен и агрегируется с энергонасыщенными тракторами типа Т-150, Т-150К, Т-4А. Расход воды составляет 85–115 л/с, радиус полива по крайним каплям – 75–85 м (в зависимости от марки трактора).

Мобильные дождевальные системы различаются как по конструкции, так и по способам полива. Первые мобильные дождевальные системы требовали ручной переноски с позиции на позицию. Самым распространенным их них являлся *комплект ирригационный КИ-50 «Радуга»*. Он относится к типу переносных с быстро разборными дождевальными крыльями. Полив проводят позиционно, а водоподача осуществляется от передвижной насосной станции или гидрантов закрытой оросительной сети. В состав входят передвижная насосная станция, магистральный трубопровод, два распределительных трубопровода и четыре дождевальных крыла, на которых через 36 м друг от друга расположены по четыре среднеструйных аппарата. В комплекте имеется также гидроподкормщик. Расход воды составляет 47 л/с, средняя интенсивность дождя – 0,27 мм/мин, площадь одновременного полива – 1,04 га. Площадь, обслуживаемая за сезон, составляет 50 га, персонал – 3 человека, масса комплекта – 9400 кг. Наиболее приемлемые условия применения: сложный рельеф, небольшие размеры орошаемых участков и наличие необходимых трудовых ресурсов. КИ-50 аналогичен комплекту «Сигма» (Чехия) с дождевальными аппаратами ПУК-2.

В комплекте КИ-50 одновременно работают два (из четырех) поливных крыла – по одному на каждом распределительном трубопроводе. После выдачи парой крыльев поливной нормы плавно закрывают питающие их гидранты, предварительно открыв гидранты, подающие воду второй паре. Крылья, которые отработали, разбирают, переносят и подключают к следующим гидрантам. Их вновь включают в работу после выдачи поливной нормы предыдущей парой. В дальнейшем каждую пару крыльев включают поочередно. По окончании полива на всех позициях распределительный трубопровод вместе с дождевальными крыльями разбирают и переносят (перевозят) к следующему гидранту магистрального трубопровода, присоединяют распределительный трубопровод и поливные крылья и начинают полив следующей части площади. Все циклы перемещений рабочих крыльев повторяются.

Основной недостаток ирригационных комплектов КИ – необходимость ручной переноски дождевальных крыльев на очередные позиции полива, что ограничивает производительность труда поливальщика (требуется три человека на одну установку).

Наиболее перспективный вид мобильных дождевальных устройств — *барабанно-шланговые дождевальные установки* (БШДУ). В настоящее время разработкой такого класса машин занимаются в ряде стран, в основном в Европе. Толчком к их развитию послужило широкое освоение производства труб из синтетических материалов (полиэтилен). В Англии, Германии, Франции известны около 200 моделей БШДУ. Со временем БШДУ совершенствовались, и в настоящее время они представляют собой надежные, автоматизированные, производительные дождевальные устройства.

В общем случае барабанно-шланговая дождевальная установка состоит из пневмошасси, рамы, барабана с гидравлическим (механическим) приводом, системы автоматики, гибкого трубопровода, намотанного на барабан прицепного устройства тележки (салазок), на которой устанавливается дождевательный аппарат. Основной элемент конструкции — барабан, установленный на мобильном шасси и имеющий возможность поворачиваться (рис. 5.14).

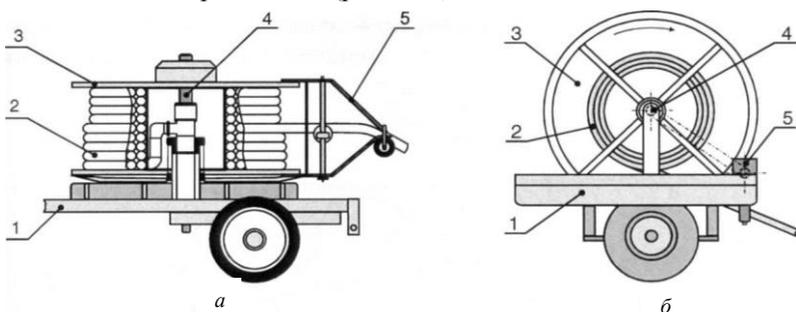


Рис. 5.14. Схема БШДУ с расположением барабана:
а — вертикально; *б* — горизонтально; 1 — рама;
 2 — гибкий трубопровод; 3 — барабан; 4 — ось барабана;
 5 — механизм укладки гибкого трубопровода

Подача воды к установке может быть организована из закрытой оросительной сети или из водоема. Во втором случае вода забирается насосом, приводимым в действие от дизель-агрегата или вала отбора мощности (ВОМ) трактора. Автономное перемещение по полю тележки с распылительной штангой или «пушкой» по направлению к дождевальной установке в большинстве случаев обеспечивается за счет напора воды, приводящей в движение механизм привода барабана, который, вращаясь, наматывает предварительно размотанный гибкий

трубопровод. Последний является тяговым элементом, обеспечивающим перемещение тележки с ДА.

Установки выполняются по двум схемам. В первом случае барабан перемещается по участку в процессе орошения. Во втором, нашедшем наибольшее распространение, барабан устанавливается на позиции, а вода распределяется при передвижении только рабочего органа – тележки с ДА или штанги с разбрызгивающими насадками (форсунками) или ДА. Наиболее распространенными являются БШДУ Российского производства – ДШ-10, ДШ-30, «Агрос-32» и «Агрос-75» (в составе комплектов КДШ-1 и КДШ-5); производства Украины – МДУ-75, а также дождеватели фирмы «Intersigma» (Чехия) – «Сигма-50-ДПЗ», PZT-67, PZT-75, PZT-90 «Odra-7528».

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 смонтированы два барабана с гидроприводами и другие узлы. На каждый барабан намотан гибкий полиэтиленовый водопроводящий трубопровод длиной 250 м, один конец которого соединен с поллой осью барабана, а ко второму присоединен среднеструйный дождевательный аппарат, который 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 при помощи армированного шланга. Расход воды общий (на два дождевательных аппарата) – 17,8 л/с (рис. 5.15).

При подготовке к работе дождеватель подвозится к гидранту с помощью трактора и устанавливается так, чтобы оси барабанов были параллельны линии гидрантов закрытой оросительной сети. После этого трактор отсоединяется от шасси, к нему присоединяют колесную подставку с одним дождевательным аппаратом и отвозят его к границе поля. Гибкий трубопровод разматывается с барабана. Таким же образом после этого в противоположную сторону перемещают второй дождевательный аппарат, соединенный со вторым барабаном. Далее дождеватель присоединяют к гидранту, открывают задвижку и включают механизм вращения барабанов.

По гибкому трубопроводу вода от гидранта оросительной сети поступает к дождевательному аппарату и разбрызгивается по полосе

шириной 50 м. Гидропривод с заданной скоростью вращает барабан, при этом шланг с дождевальным аппаратом подтягивается к барабану и наматывается на него. В конце полива, когда дождевальное устройство вплотную подходит к барабану, подача воды автоматически прекращается. По окончании полива дождеватель отключается от гидранта и перевозится на новую полосу орошения. Скорость перемещения тележки с дождевальным устройством зависит от заданной нормы полива и колеблется в пределах 5,0–15,6 м/ч. Площадь орошения с одной позиции составляет 2,5 га, рабочая ширина захвата (расстояние между гидрантами) – 50 м, расстояние между трубопроводами – 500 м. Группу из четырех машин обслуживает один оператор.

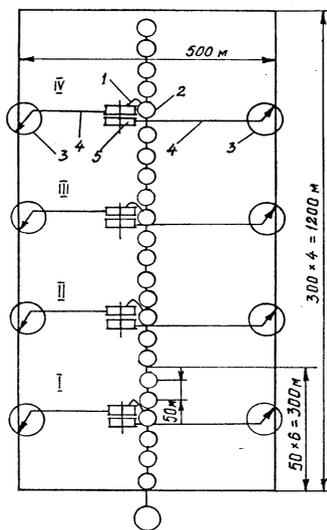


Рис. 5.15. Схема оросительной системы с дождевателями ДШ-10:

- 1 – соединительный трубопровод; 2 – гидрант;
 3 – дождевательный аппарат; 4 – гибкий трубопровод;
 5 – самонаматывающаяся катушка; I–V – зоны обслуживания

Дождеватель ДШ-10 можно применять и для полива мелкоконтурных участков с повышенными уклонами или неправильной конфигурации.

Полосовые шланговые дождеватели PZT-67 и PZT-75 (Чехия) состоят из барабана с катушкой, установленного на одноосном шасси с пневматическими колесами; полиэтиленового шланга, который наматывается двумя слоями на катушку; приводного агрегата; стоп-задвиги для автоматического отключения дождевателя; привода для быстрого наматывания полиэтиленового шланга, управляемого валом трактора или вручную рукоятью; шланговодителя, обеспечивающего направление наматывания и равномерное распределение полиэтиленового шланга по катушке барабана; дождевального аппарата, установленного на штативе с полозьями. Для полива высокостебельных сельскохозяйственных культур и садов штатив с дождевальным аппаратом поднимается вверх с помощью удлинительной вставки высотой 80 см. Основное отличие PZT-75 от PZT-67 – возможность поворачивания барабана на любой угол.

Недостатком БШДУ является увод оросительной тележки от прямолинейного движения, обусловленный воздействием на нее реактивной силы. С целью устранения недостатка фирмами «Bauer» и «Irriland» выпускаются шланговые дождеватели, у которых на тележку устанавливается заполняемый водой балласт, а на колеса – дисковые ножи, стабилизирующие направление движения тележки. Предлагаются также конструкции с двумя ДА, синхронно поворачивающимися во время работы таким образом, что возникающие реактивные силы от струй воды взаимно уравновешивают друг друга и способствуют выравниванию направления перемещения тележки. Основным недостатком установок такого типа являются повышенные потери напора в гибком трубопроводе, а также их рост.

Вместе с тем барабанно-шланговые дождевальные установки имеют ряд преимуществ. Это мобильные, маневренные и относительно недорогие агрегаты, не требующие больших капиталовложений и способные эффективно применяться как на крупных, так и на небольших площадях, а также в условиях пересеченной местности. Их отличают автономность, высокая мобильность, компактность, энергонезависимость.

В Беларуси использование мобильных БШДУ является новым перспективным направлением в дождевании. В республике имеется опыт эксплуатации БШДУ производства Германии, которые достаточно давно используются и показали хорошие результаты в ряде хозяйств Могилевской и Гомельской областей (рис. 5.16).



Рис. 5.16. Внешний вид шлангового дождевателя

Передвижные дальнеструйные дождевательные 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 до 1,2–2,0 га/ч, скорость движения распылителя составляет 10–150 м/ч, расход воды – до 60 м³/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 дождевательная 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 передает 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 распы-

ления по полю может изменяться от 10 до 130 м/ч. Производительность (в зависимости от нормы полива) – до 0,3 га/ч, расход воды – до 60 м³/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) – до 0,9 га/ч, скорость движения распылителя – 10–150 м/ч, расход воды – до 60 м³/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 – 600 м, масса – 3,5 т.

Схемы полива дождевальных машин ПДМ-2500, ПДМ-3000, УД-2500, ОП-600 аналогичны схеме полива ДШ-10 (см. рис. 5.15).

Технические характеристики и возможности современной дождевальной техники зависят от ее специфических особенностей и требований сельскохозяйственного производства к технологиям полива. Условно эти требования можно разделить на агробиологические, агропочвенные, мелиоративные и организационно-хозяйственные. Высокая эффективность дождевания обеспечивается тогда, когда дождь, создаваемый дождевальными устройствами, отвечает агропочвенным и агробиологическим особенностям орошаемых участков. Поэтому совершенствование дождевальной техники направлено на улучшение качественных характеристик дождя, повышение производительности, снижение металлоемкости и т. п.

Особое внимание уделяется механизации полива небольших участков. Например, во Всероссийском научно-исследовательском институте систем орошения и сельскохозяйственного водоснабжения предложен ряд технических средств полива для орошения сельскохозяйственных культур в условиях крестьянских (приусадебных) и фермерских хозяйств. Ведется совершенствование поливной техники и для орошения закрытого грунта. Например, разработаны:

– комплект локально-импульсного полива КЛИП-18 для орошения овощей в теплицах и парниках площадью до 36 м². Полив может осуществляться в автоматическом режиме (без участия человека) на протяжении 1–3 недель;

– комплект импульсно-локального орошения ИЛО-0,3 для промышленных теплиц, оросительный модуль которого предназначен для полива культур на 1000 м²;

– комплект импульсного микродождевания КИМД-0,1. Объем выброса воды за цикл составляет 3 л. Цикл полива состоит из кратковременного выплеска воды в виде дождя за 1,5–2,5 с и паузы длительностью 30–200 с. Расход составляет до 0,1 л/с, рабочее давление – не менее 0,2 МПа.

Выбор дождевальных устройств при проектировании оросительных систем. Дождевальная техника должна обеспечивать регулирование водно-воздушного режима почвы в заданных пределах в соответствии с требованиями орошаемых сельскохозяйственных культур, создавать качественный дождь. Чтобы решить эти проблемы, надо знать все почвенно-рельефные, климатические и хозяйственные условия объекта орошения, условия применимости различных видов как серийно выпускаемых, так и перспективных дождевальных устройств.

Выбор дождевальной техники следует осуществлять в два этапа. Вначале определяют техническую применимость ее (одного или нескольких видов) относительно конкретных почвенно-климатических условий участка, а затем путем расчетов окончательно устанавливают, какая техника наиболее целесообразна экономически. Техническая оценка дождевальных устройств зависит в основном от приведенных ниже факторов или условий.

Агропочвенно-климатические условия определяют выбор дождевальной техники, ориентируя ее на требуемую величину поливной нормы и заданную скорость ветра. Для каждого вида дождевальной техники известны наиболее оптимальные нормы полива и допустимые скорости ветра. Полив в пределах допустимых скоростей ветра позволяет не только повысить его эффективность, но и снизить потери воды на испарение.

По поливным нормам в Беларуси можно использовать для полива практически все виды дождевальных устройств. В свою очередь, величины фактических скоростей ветра, которые принимаются по данным ближайшей метеостанции, не позволяют применять их круглосуточно, чтобы обеспечить качественный полив. Так, в условиях Беларуси повторяемость оптимальных скоростей ветра (2–3 м/с) в летний период составляет всего 35 %, а свыше 3 м/с – более 40 %.

Геоморфологические условия включают уклон поверхности орошаемого участка и сложность рельефа. Эти факторы ограничивают

проходимость дождевальной техники, влияют на механическую прочность машин и равномерность распределения искусственного дождя по площади. Допустимые пределы изменения геоморфологических факторов приводятся в соответствующих технико-производственных инструкциях, разработанных для дождевальных устройств.

К *почвенно-мелиоративным факторам* относятся скорость впитывания воды почвой (допустимая интенсивность дождевания), мощность и структура почвенного покрова, минимальная глубина залегания пресных и минерализованных вод. Необходимо обеспечить выбор дождевальной техники, производящей экологически безопасный полив (рис. 5.17).

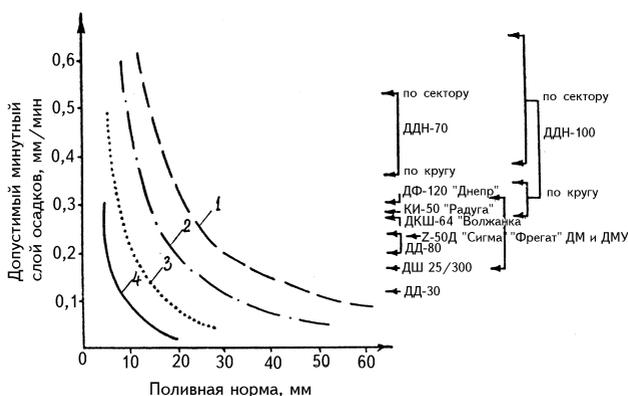


Рис. 5.17. Выбор дождевальной техники из условия качественного полива:
 1 – уклоны 0,00–0,05; 2 – 0,05–0,08; 3 – 0,08–0,12; 4 – свыше 0,12

Если по природным условиям и техническим характеристикам на данном участке можно применять несколько видов дождевальных устройств, то производится их экономическая оценка. Обобщающими показателями экономической эффективности сравниваемых видов поливной техники может служить срок окупаемости капитальных вложений.

5.7. Поверхностные самотечные поливы

Сущность и условия применения. Поверхностное орошение – самый древний и наиболее распространенный во всем мире способ оро-

шения. В аридной зоне он используется на 98 % орошаемых земель. 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.

При этом способе орошения вода распределяется по поверхности почвы в виде сплошного слоя или отдельных струй (рис. 5.18).

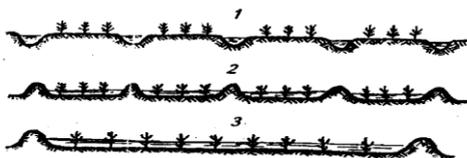


Рис. 5.18. Классификация поверхностных способов полива:
1 – полив по бороздам; 2 – полив по полосам;
3 – сплошное затопление

В зависимости от характера распределения поливной воды по полю и способа перевода в почвенную влагу поверхностное орошение подразделяется на:

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.

Системы поверхностного орошения нашли широкое применение 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 0,002–0,010) 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 сельхозкультур в условиях постоянной засухи – в аридной зоне).

Поверхностным самотечным способам полива присущ 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 широкорядных 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.

Способы поверхностного орошения. *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 широкорядных 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 составляют 700–1000 м³/га, влагозарядковых – 1100–1600 м²/га.

Контуры увлажнения на легких почвах вытянуты вниз, а на тяжелых равномернее распределяются по глубине и в стороны (рис. 5.19). 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.

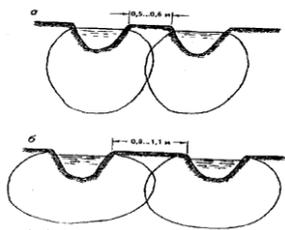


Рис. 5.19. Схемы контуров увлажнения почвы при поливе по бороздам:
 а – легкие почвы; б – тяжелые почвы

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.

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 составляет 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 составляет 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 затопливают слоем воды определенной высоты. 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 картавого оросителя стороне на расстоянии, равном длине чеков, параллельно оросителю прокладывают картвый сброс. Таким образом, карта – это поливной участок, ограниченный с одной стороны картвым оросителем, а с другой – картвым 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, имеющих 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 воды. 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 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.

В Республике Беларусь полив затоплением (по чекам) применяется при возделывании влаголюбивых ягодных культур, требующих особого режима увлажнения (например, клюквы крупноплодной, голубики высокорослой и т. д.). Так, в Пинском районе Брестской области по проекту, разработанному институтом «Полесьегипроводхоз» в 1986–1987 гг., создана плантация клюквы крупноплодной предприятия «Белорусские журавины», где основным способом орошения является полив затоплением.

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 новых конструкций, замена открытой картовой и сбросной сети закрытой, автоматизация водораспределения.

Временная оросительная сеть. Данная 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.

Временная оросительная сеть на поливном участке может располагаться по двум схемам – *поперечной* и *продольной* (рис. 5.20). При продольной схеме вода из временных оросителей подается в выводные борозды, из них – в поливную сеть, а при поперечной схеме – непосредственно в поливные борозды или на полосы. Выбор той или иной схемы определяется в основном рельефом орошаемой территории.

В случае продольной схемы, которая применяется при уклонах местности менее 0,003, временные оросители располагают вдоль

борозд или полос (перпендикулярно к горизонталям), а выводные борозды – поперек поливных борозд или полос (под острым углом к горизонталям). Вода из участкового распределителя через водовыпуск поступает во временный ороситель, из него – в выводную борозду, а из выводной борозды с помощью сифонов, трубок и других устройств – в поливные полосы или борозды.

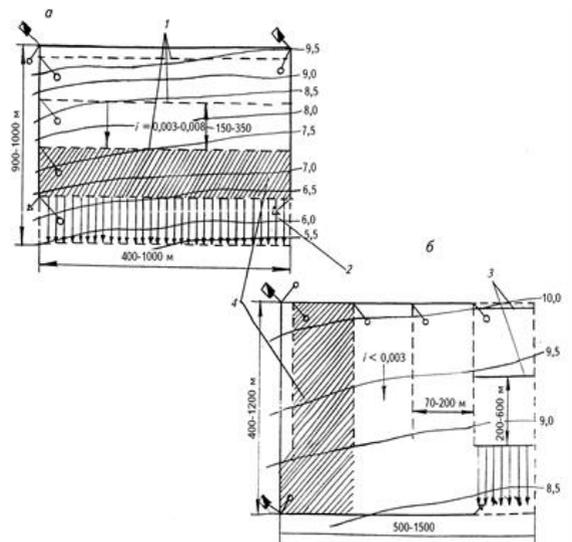


Рис. 5.20. Временная оросительная сеть:
a – схема поперечного сечения; *б* – схема продольного
 расположения; 1 – временные оросители;
 2 – поливные борозды (полосы);
 3 – выводные борозды;
 4 – площадь, подкомандная временному оросителю

При поперечной схеме расположения, которая рекомендуется для уклонов местности 0,003–0,008, временные оросители нарезают перпендикулярно к направлению поливных борозд или полос, что позволяет подавать воду в поливные борозды и полосы непосредственно из временного оросителя или через объединительную борозду, нарезанную рядом.

Для нарезки поливной сети используются машины, как правило, универсальные или укомплектованные сменным оборудованием, что

дает возможность проводить нарезку и выравнивание сети при всех способах поверхностного полива одними и теми же машинами. Временные оросители более крупных размеров нарезают плужными или плужно-роторными каналокопателями. Более мелкие временные оросители и выводные борозды делают с помощью каналокопателей-бороздоделов.

Естественный уклон должен обеспечивать нарезку временных оросителей в полувыемке-полунасыпи с достаточным командованием над выводными бороздами. Если это условие не обеспечивается, то по трассам оросителей отсыпают «подушки» с высотой до 0,2 м.

Гидравлический расчет каналов временной оросительной сети заключается в определении глубины наполнения каналов, вычислении средней скорости и проверке каналов на размыв. Глубину наполнения каналов определяют исходя из известной основной формулы равномерного движения, в которой коэффициент Шези (C) рассчитывается при коэффициенте шероховатости n , равном 0,03. Установив глубину наполнения, вычисляют площадь живого сечения и среднюю скорость движения воды. Если скорость превышает допустимую на размыв, то необходимо или уменьшить расчетный расход канала, или изменить схему расположения каналов.

Уровень воды во временных оросителях должен быть выше орошаемой поверхности при больших уклонах на 5 см, средних – на 10, малых – на 15 см. Это достигается путем устройства временных оросителей в полувыемке-полунасыпи и применения соответствующих подпорных сооружений.

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

$$Q = \frac{mF}{86,4t}, \quad (5.29)$$

где m – максимальная поливная норма, м³/га;

F – площадь, которую обеспечивает водой временный ороситель, га;

t – продолжительность полива, сут.

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 – это один из самых сложных трудоемких процессов при поверхностных самотечных поливах. Воду из временной оросительной сети в поливные борозды и на полосы подают при помощи 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 борозды 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. 5.21), устанавливаемых в дамбочке выводной борозды. Изготавливают трубки из различных материалов (пластмасса, металл, тростник и т. д.).

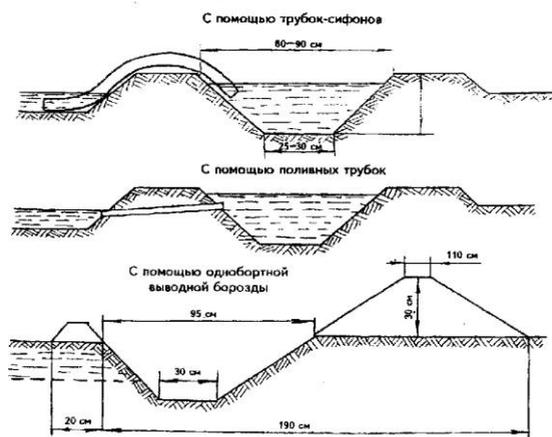


Рис. 5.21. Виды водовыпусков

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 выравненности 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. 5.22).

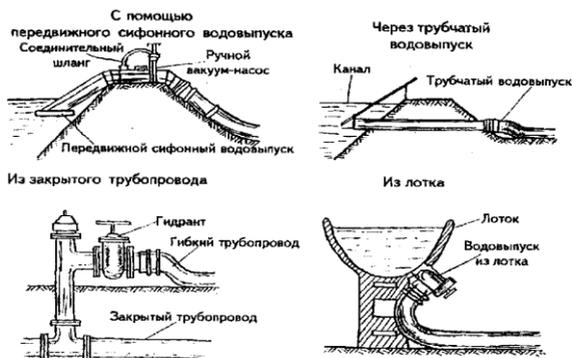


Рис. 5.22. Способы подачи воды в гибкие трубопроводы

Жесткие трубопроводы долговечнее гибких шлангов, они доступны для осмотра, легко промываются, возможна взаимозаменяемость отдельных секций. Недостаток 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.

Чтобы механизировать и автоматизировать поверхностные поливы, в последнее время широко применяют *поливные машины*. Под полив-

ной 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.

5.8. Ресурсосберегающие способы и технологии 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 внутривредное, синхронно импульсное и микрождевание, аэрозольное увлажнение и т. д.), основанные на предельном рассредоточении тока воды и малой интенсивности вододачи, дают возможность значительно снизить потребность энергии.

Внутрипочвенное орошение. Внутрипочвенное орошение возникло давно и в настоящее время реализуется в различных почвенно-климатических условиях. Суть этого способа орошения сельскохозяйственных культур заключается в подаче определенного объема воды непосредственно в корнеобитаемый слой почвы. Для этой цели разработаны и совершенствуются различные устройства и приспособления. В зависимости от условий водоподдачи системы внутрипочвенного орошения могут быть вакуумные, безнапорные, напорные.

Идею *вакуумного* внутрипочвенного орошения выдвинул в 1923 г. В. Г. Корнев. Его суть заключается в устройстве увлажнителей из пористых труб, в которых поддерживается определенный вакуум, обеспечивающий поступление воды в почву в объеме, равном расходу ее на транспирацию и испарение. Такая система должна работать автоматически, так как с увеличением водопотребления влажность почвы уменьшается, а вакуум у стенок труб увеличивается, и возрастает расход через пористые стенки труб. С уменьшением водопотребления соответственно снижается и расход воды. Однако достаточно широкого применения вакуумная система внутрипочвенного орошения не нашла.

В *безнапорных* системах внутрипочвенного орошения вода в увлажнители чаще всего подается из открытой распределительной сети. При этом недостаточно увлажняется пахотный слой почвы, что затрудняет развитие сельскохозяйственных растений на начальных фазах вегетации.

При *напорной* подаче оросительной воды в увлажнителях создают напор, величина которого зависит от почвенных условий, конструкции увлажнительной сети и многих других факторов, отражающих особенности системы внутрипочвенного орошения. Обычно величина напора колеблется в пределах 0,5–1,5 м. Малые напоры не обеспечивают качественное увлажнение верхнего пахотного слоя почвы. Поэтому вопрос о величине напора в увлажнительной сети является предметом исследований в различных почвенно-климатических зонах. Большинство ученых сходятся во мнении, что максимальный напор не должен превышать глубину укладки увлажнителей на 0,2–0,3 м. В противном случае возможно выклинивание поливной жидкости на поверхность почвы, что нежелательно из санитарно-гигиенических соображений.

Следует отметить, что напор существенно влияет на распределение поливной жидкости по профилю почвы, т. е. на формирование контура увлажнения. Проведенные кафедрой мелиорации БГСХА исследова-

ния (рис. 5.23) показывают, что при небольших напорах верхний слой почвы увлажняется недостаточно.

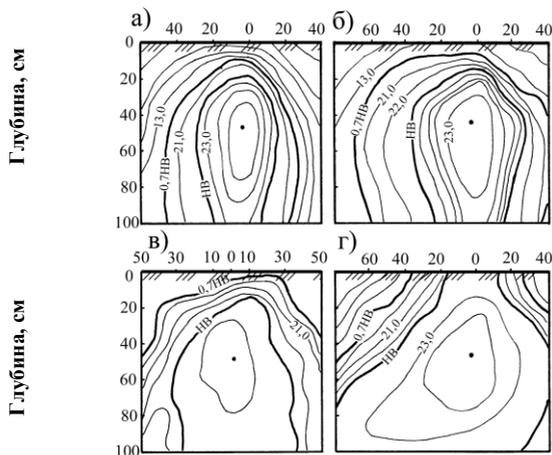


Рис. 5.23. Формирование контуров увлажнения почвы вокруг увлажнителя диаметром 50 мм под действием напора:
 $a - H = 0,25$ м; $б - H = 0,50$ м; $в - H = 0,75$ м; $г - H = 1,0$ м

Наибольшее увлажнение испытывают подстилающие увлажнитель слои почвы, что можно рассматривать как частичные потери поливной жидкости, хотя часть ее впоследствии используется растениями в процессе вертикального влагообмена. При нарастании напора, несмотря на увлажнение нижележащих слоев почвы, увеличивается и увлажнение почвенных слоев, расположенных выше увлажнителя. В целом относительные потери поливной жидкости снижаются. При дальнейшем увеличении напора (рис. 5.23, г) происходит выклинивание на поверхность поливной воды. Это объясняется тем, что при небольших напорах увлажнение почвы выше увлажнителя происходит только за счет капиллярных сил, в то время как в нижележащих горизонтах поливная жидкость передвигается как за счет капиллярных, так и гравитационных сил. При повышении напора в переносе поливной жидкости дополнительно участвует градиент напора, действующий во все стороны от увлажнителя. Тем не менее напорные системы внутрипочвенного орошения получили наибольшее распространение.

Параметры внутрпочвенной увлажнительной сети. Важным параметром системы внутрпочвенного орошения является расстояние между увлажнителями, которое рекомендуется принимать из условия качественного увлажнения почв между смежными увлажнителями. Пока в литературе нет единого подхода для обоснования размеров контура увлажнения при внутрпочвенном орошении. Большинство исследователей, изучавших этот вопрос, шли по пути накопления экспериментальных данных о зависимости влажности почвы либо урожайности сельскохозяйственных культур от расстояния между увлажнителями, принимая глубину укладки последних из условия неповреждаемости сельскохозяйственными орудиями (0,4–0,6 м).

При подаче воды вокруг увлажнителя образуется область смоченного грунта, в которой передвижение воды происходит под действием различных сил и носит неустановившийся характер. При этом наиболее существенное влияние на передвижение воды в области увлажнения оказывают гидростатический напор в полости увлажнителя, а также гравитационные и капиллярные силы. Поскольку действие напора и капиллярных сил направлено радиально по всем направлениям, а гравитационной силы – вниз, то увлажненная область имеет форму овала, вытянутого вниз (рис. 5.24).

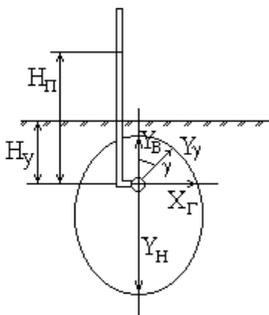


Рис. 5.24. Расчетная схема для установления параметров контура увлажнения

В зависимости от характера и количественного соотношения действующих сил в данный промежуток времени можно выделить три фазы поступления воды в почву. Продолжительность первой фазы соответствует моменту подачи воды α в увлажнитель до полного запол-

нения его полости. При этом на заполнение свободных пор сухой почвы требуется наибольший расход, и интенсивность впитывания воды обычно превышает водопрпускную способность труб. Поэтому первое время трубы работают неполным сечением и не на всей длине, а наименьшее сопротивление встречает движение поливной воды, направленное вниз под действием гравитационной силы. По мере насыщения почвы водой сопротивление в этом направлении возрастает, вода начинает перемещаться в стороны от увлажнителя и, в последнюю очередь, вверх, после того как увлажнитель начнет работать полным сечением. В данной фазе получает интенсивное развитие зона гравитационного увлажнения.

С момента когда увлажнитель начинает работать полным сечением, а поступление воды в почву происходит по всему периметру при нарастающем напоре, наступает вторая фаза. При этом в нижней части сечения контура увлажнения вода перемещается под действием гравитационных сил и гидростатического напора. Передвижение воды в почве над осью увлажнителя в вертикальном и горизонтальном направлениях происходит за счет гидростатического напора и при участии капиллярных сил. Скорость передвижения воды в вертикальном направлении в данном случае меньше, чем в горизонтальном. Движение воды ниже оси увлажнителя происходит более интенсивно в вертикальной плоскости и с меньшей интенсивностью – в горизонтальной. По мере заполнения крупных пор скорость передвижения гравитационной воды уменьшается, и дальнейшее развитие области увлажнения идет при значительном участии капиллярных сил. В конечном итоге происходит выравнивание области увлажнения по длине увлажнителя. С этого момента начинается третья фаза, продолжительность которой зависит от длительности полива.

В пределах области увлажнения грунта, образованной вокруг увлажнителя, можно выделить три зоны: зона полного насыщения (гравитационного увлажнения), переходная зона, зона капиллярного увлажнения. В зоне полного насыщения движение воды направлено от трубы увлажнителя в грунт и происходит под действием напора и гравитационных сил. Размеры этой зоны сравнительно невелики и при напоре в трубе, равном 1 м вод. ст., гидростатический напор в почве теряется на расстоянии 0,10–0,15 м. Дальнейшее увеличение размеров всей области увлажнения происходит в основном за счет капиллярных сил, действующих в зоне переходного и капиллярного увлажнения.

Поскольку почва представляет собой сложную систему, в которой поток воды вызывает значительные изменения, а границы указанных

выше зон области увлажнения динамичны во времени, то моделировать процесс увлажнения можно с некоторыми допущениями, и тогда расстояние между смежными увлажнителями E и глубина их укладки h определяются по формулам

$$E = 2,81 \sqrt{\frac{K_{\phi}(W - W_0)^n}{(P' - W_0)^{n+1}} H_{nl} t + \frac{\alpha \gamma_0(0,2...0,3) \text{НВ}}{q}}, \quad (5.30)$$

$$h = y_{\gamma=0} + \frac{\alpha \gamma_0(0,2...0,3) \text{НВ}}{q'}, \quad (5.31)$$

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации почвогрунта;

W – влажность почвы;

W_0 – влажность завядания;

H_{nl} – напор в полости увлажнителя;

t – продолжительность полива;

P' – пористость почвы;

n – показатель степени, который А. П. Будаговский рекомендует принимать равным 4,0 при $W_0 = \text{ВЗ}$ (влажность завядания);

q' – удельный расход увлажнителя.

В формулы (5.30) и (5.31) входит q' – удельный расход увлажнителя, который зависит от продолжительности подачи воды (рис. 5.25).

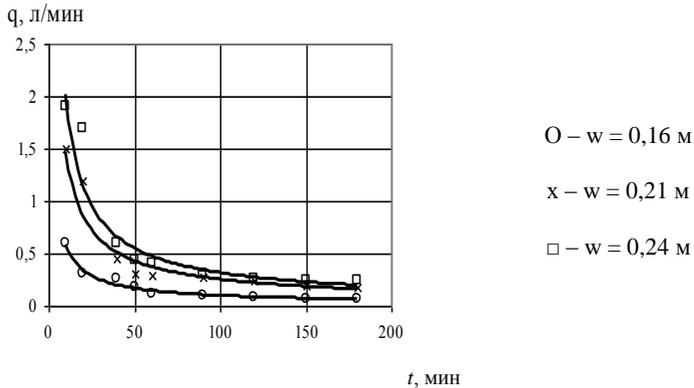


Рис. 5.25. Зависимость удельного расхода увлажнителей от продолжительности полива при разном наружном периметре трубы увлажнителя

В общем виде зависимость удельного расхода аппроксимируется уравнением вида

$$q' = \frac{N}{t^\alpha}, \quad (5.32)$$

где t – продолжительность водоподачи;

N и α – параметры, зависящие от водно-физических свойств и предполивной влажности почвы.

Поливные нормы при внутрипочвенном орошении. Поливная норма является одним из основных элементов режима орошения. Существует несколько подходов к ее определению.

Необходимо стремиться к тому, чтобы повысить влажность расчетного слоя почвы с какой-то величины, характеризующей влажность почвы на начало полива до верхней границы оптимального значения.

Причем в большинстве случаев для минеральных почв верхним пределом оптимальной влажности является ее значение, соответствующее наименьшей влагоемкости. Для достижения этой цели при идеальных условиях полива необходима поливная норма

$$m_0 = 100h\gamma_{об} (\beta_{НВ} - \beta_{Н}), \quad (5.33)$$

где m_0 – поливная норма, м³/га;

h – мощность расчетного слоя почвы, м;

$\gamma_{об}$ – объемная масса почвы, г/см³;

$\beta_{НВ}$ – влажность расчетного слоя почвы, равная НВ, %;

$\beta_{Н}$ – влажность расчетного слоя почвы на начало полива, %.

Однако при внутрипочвенном увлажнении распределение поливной жидкости в расчетном слое происходит неравномерно. Поэтому М. С. Григоров (1983) и другие предлагают рассчитывать поливную норму по зависимости

$$m = \alpha m_0, \quad (5.34)$$

где α – коэффициент, учитывающий характер распределения в почве поливной жидкости, поступающей из увлажнителей (рассчитывается по соотношению площади увлажненного контура и площади между осями увлажнителей в пределах глубины расчетного слоя почвы).

Следует отметить, что величина этого коэффициента зависит от почвенных условий, конструкции увлажнителя, а также параметров

полива (напора, продолжительности полива, которая характеризует саму поливную норму). Поэтому его определение связано с некоторыми затруднениями. По данным Е. П. Борового (1999), для суглинистых почв и при поливной норме 350–400 м³/га можно принять $\alpha = 0,55$.

При внутрпочвенном поливе возможно распространение контура увлажнения ниже расчетного слоя. В этом случае поливная норма

$$m^{бп} = (\alpha + \beta)m_0, \quad (5.35)$$

где β – коэффициент потерь поливной жидкости при перемещении ее ниже расчетного слоя (рассчитывается по соотношению площади увлажненного контура ниже расчетного слоя почвы и площади между осями увлажнителей в пределах глубины расчетного слоя).

Как отмечено выше, коэффициент α зависит и от продолжительности полива. Опытные данные показывают, что при этом значительно повышается коэффициент потерь β (фактически условие $\alpha = 1$ достижимо только при потерях поливной жидкости, значительно превосходящих величину m_0 , по формуле (5.35).

Как показывают исследования кафедры мелиорации и водного хозяйства УО БГСХА, при прочих равных условиях поливная норма оказывает существенное влияние на формирование контура увлажнения, в том числе и на коэффициент β (рис. 5.26).

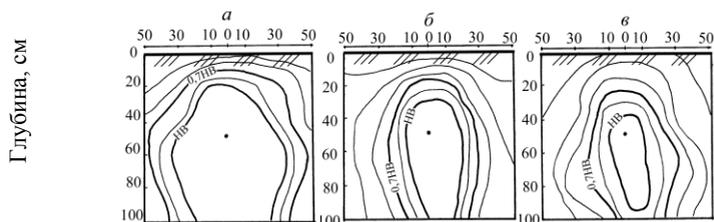


Рис. 5.26. Влияние поливной нормы на размеры контура увлажнения почвы вокруг увлажнителя:

$$a - m = 450 \text{ м}^3/\text{га}; \quad б - m = 300 \text{ м}^3/\text{га}; \quad в - m = 150 \text{ м}^3/\text{га}$$

Технологии внутрпочвенного орошения перспективны при использовании для полива сточных вод, в том числе образующихся на крупных фермах и комплексах.

В качестве увлажнителей в плотных грунтах можно использовать

искусственные кротовины, которые нарезают в начале оросительного периода при помощи 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 равной 50–200 м, средний диаметр – 5–15 см.

В зависимости от рельефа местности устройство и расположение оросительной и увлажнительной сети может быть запроектировано по продольной, поперечной или смешанной схемам.

Капельное орошение. Капельное орошение – метод полива, при котором вода подается непосредственно в прикорневую зону выращиваемых растений регулируемыи малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц. Позволяет получить значительную экономию воды и других ресурсов.

Капельный полив появился и стал развиваться как способ орошения в Израиле с 50-х гг. XX в. На юге России капельное орошение в овощеводстве начало применяться в промышленных масштабах с конца 90-х гг. XX в. Положительные результаты на всех сельскохозяйственных культурах и на всех типах почв способствовали динамичному развитию этого способа орошения. Успех в применении капельного орошения радикально изменил подход к комплексу «вода – почва – растение» на фоне дозированного режима снабжения водой и питания, и способствовал новому подходу в области орошения.

Анализ принципиальных особенностей капельного орошения показывает его большую перспективность. 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, поскольку вода передвигается от капельницы по почвенным капиллярам, не вытесняя воздух из макропор.

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.

Изначально капельное орошение получило распространение в тепличном производстве, но в настоящее время уже широко используется и в открытом грунте для выращивания овощей и плодовых годных культур.

Системы капельного орошения открытого грунта целесообразно использовать при возделывании высокорентабельных многолетних насаждений (сады, виноградники, ягодники) и при ограниченных водных ресурсах. Их рекомендуется располагать при нахождении пресных подземных вод на глубине не менее 2 м, а минерализованных – не менее 4 м; на участках со сложным рельефом и при уклонах более 0,05; на равнинных участках, как правило, с легкими почвами (песчаными, каменистыми). Качество используемых вод (подземных и поверхностных) должно удовлетворять общим требованиям к оросительной воде и техническим требованиям применяемого оборудования.

Элементы системы капельного орошения. Как любая инженерная конструкция, система капельного орошения имеет свои составные элементы (рис. 5.27):

источник водоснабжения – канал, бассейн или скважина, откуда производится забор воды;

насосная станция и водозабор – предназначены для забора воды из источника;

станция водоподготовки – предназначена для доведения качества воды до установленных параметров. В зависимости от наличия в воде определенных примесей и величины орошаемой площади фильтрационная станция может включать сетчатые, дисковые, гравийные, гидроциклонные фильтры или их комбинации;

узел внесения удобрений – предназначен для дозированного внесения совместно с поливной водой удобрений и средств защиты растений. Может состоять из удобрительной головки и инжектора или дозатора, а также емкости для приготовления раствора удобрений;

контроллер – устройство для автоматического контроля и управления работой системы капельного орошения;

регулятор давления – устройство для поддержания постоянного давления в системе согласно паспортным данным;

оросительные трубки или ленты – капельные линии, укладываемые по линиям посадки орошаемых растений параллельно друг другу согласно технологии и соединенные с поперечной магистралью трубопровода;

эмиттеры – капельницы (капельные увлажнители) скрепленные с трубопроводом или составляющие с ним единое целое, в зависимости от конструкции. Их назначение – дозированный выпуск воды из трубопровода в небольших количествах.

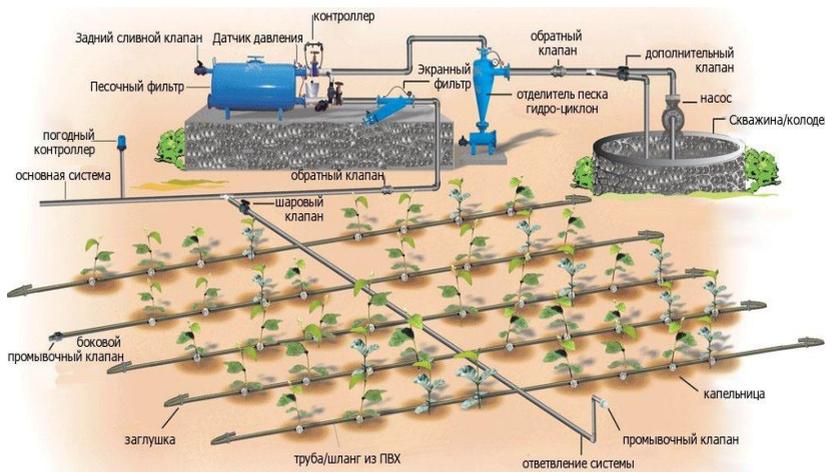


Рис. 5.27. Принципиальная схема системы капельного орошения

Базовая комплектация системы капельного орошения состоит из источника водоснабжения, насосного оборудования, станции водоподготовки, узла внесения удобрений (фертигации), регулятора давления, который рекомендуется устанавливать при давлении в напорной сети более 2,5 атмосфер, магистрального напорного трубопровода, разводящих (поливных) трубопроводов, капельниц, соединительной и запорной фурнитуры, воздушного клапана, который предназначен для выпуска и впуска воздуха в систему орошения.

Дополнительно система может содержать узлы автоматического контроля и управления системой, а также учета расхода воды.

Требования к источникам водоснабжения. Для капельного орошения используют воду естественных и искусственных источников. Согласно принятому нормативу качество подземных и поверхностных

вод, используемых для капельного орошения, должно удовлетворять общим требованиям к оросительной воде и техническим требованиям применяемого оборудования.

Пригодность воды для капельного орошения оценивают по степени ее влияния на грунт, на растение и элементы оросительной сети. Для обеспечения безопасности полива оценку пригодности воды по степени влияния на грунты и растения проводят по критериям ее качества, используя следующие показатели:

- общая минерализация, мг/л;
- концентрация токсичных ионов, мг-экв /л;
- отношение суммы катионов натрия и калия (мг-экв /л) к сумме всех содержащихся катионов (мг-экв /л), %;
- отношение концентрации катионов магния (мг-экв/л) к концентрации катионов кальция (мг-экв/л), %;
- содержание анионов хлора (Cl), мг-экв/л;
- содержание сульфатов (SO₄), мг-экв/л;
- содержание карбонатов (HCO₃), мг-экв/л;
- щелочность от нормальных карбонатов (CO₃) и токсичная щелочность (HCO₃ – CO₂+), мг-экв/л;
- реакция pH;
- термодинамические потенциалы;
- температура воды, °С.

Качество оросительной воды по опасности ее токсичного влияния на растения и засоления грунтов определяют в соответствии с ГОСТ-2730-94 по следующим показателям:

- содержание общей и токсичной щелочности;
- содержание хлора;
- щелочность нормальных карбонатов;
- отношение (в процентах) суммы щелочных катионов натрия и калия (мг-экв/л) к сумме всех катионов (мг-экв/л) с учетом противозасоленной буферности и гранулометрического состава грунта, величины отношения в оросительной воде магния к кальцию и класса воды по опасности засола или повышения щелочности грунтов.

Для предотвращения возможного отрицательного влияния на компоненты природной среды и на здоровье населения проводится оценка качества воды для орошения по экологическим, гигиеничным и токсикологическим критериям согласно ГОСТ 17.1.2.03.

При этом для оценки качества оросительной воды по экологическим критериям выделяют два класса:

- I класс — «пригодна»;
- II класс — «ограничено пригодна».

Вода более низкого качества, показатели которой выходят за пределы значений II класса, непригодна для орошения без предварительного мелиоративного улучшения ее состава и свойств.

Воду II класса используют для орошения при экологическом контроле и обязательном применении комплекса агро-мелиоративных мероприятий. Если по разным группам показателей вода для орошения отнесена к разным классам качества, ее оценивают по худшему показателю.

Нормирование качества воды для орошения по экологическим критериям согласно ГОСТ 17.1.2.03 следует проводить по двум группам показателей качества воды.

Первая – показатели свойств воды и содержания веществ в ней, которые в определенном количестве необходимы для нормального функционирования агроэко-системы. Нормирование показателей проводится с позиций биологической полноценности и положительного влияния на экологическое благополучие объектов окружающей природной среды. Первая группа содержит следующие общеэкологические и эколого-гигиенические показатели:

- содержание азота, мг/л;
- содержание микроэлементов (марганец, железо, медь, бор, кобальт, цинк, молибден) и фтора, мг/л;
- содержание БПК₅ – биологическая потребность в кислороде, мг О₂/л.

Вторая группа – показатели свойств воды и содержания веществ в ней, которые отрицательно влияют на состояние и функционирование агроэко-системы и компонентов окружающей природной среды. Нормируются показатели с позиций условий пригодности воды для орошения. Эта группа содержит следующие показатели.

1) *эколого-токсикологические:*

- содержание тяжелых металлов (свинец, ртуть, кадмий, селен, мышьяк, хром общий, висмут, никель, ванадий), мг/л;
- содержание пестицидов, мг/л;
- содержание фенолов, цианидов, мг/л;
- содержание нефти и нефтепродуктов, мг/л;
- содержание детергентов (синтетические моющие средства), мг/л;

2) *санитарно-бактериологические:*

- наличие бактерий группы кишечной палочки (коли-индекс);

- наличие фагов кишечной палочки (индекс колли-фагов);
- наличие патогенной микрофлоры;
- наличие жизнеспособных яиц гельминтов (глистов);

3) *радиоактивные* вещества (нормируются согласно специальным нормативным документам).

Качество оросительной воды по показателю содержания макроэлементов питания растений оценивают для того, чтобы предотвратить ухудшение эколого-гигиеничных показателей качества сельскохозяйственной продукции, а также эколого-гигиеничного состояния подземных и поверхностных вод. А по содержанию отдельных микроэлементов, тяжелых металлов и пестицидов – чтобы исключить отрицательное влияние на сельскохозяйственные растения, грунты, подземные и поверхностные воды, растительное и животное царство.

Пригодность воды для орошения сельскохозяйственных культур определяется следующими показателями:

- общая минерализация солей: на почвах с водно-физическими свойствами, определяющими высокую плотность, низкую водопроницаемость почвенного профиля – до 50 мг-экв/л; на почвах оструктуренных, обладающих высокой водопроницаемостью, а также с высоким содержанием гумуса – до 85 мг-экв/л; на песчаных почвах с хорошей дренированностью – до 200 мг-экв/л;

- щелочность: до 1,25 мг-экв/л – вода пригодна для орошения всех типов почв; от 1,25 до 2,50 мг-экв/л – только для орошения кислых почв;

- содержание токсичных веществ не должно превышать норм, установленных СТБ 1118 и СанПиН 10-124 РБ «Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению»;

- активная реакция pH: при pH от 6 до 8 вода пригодна для орошения всех почв; при pH > 8 – только для орошения кислых почв; при pH < 6 – только для орошения щелочных почв;

- температура: для овощных и плодовых культур – не ниже 14 °С; для сенокосов и долголетних культурных пастбищ – не ниже 8 °С.

При выборе источника орошения необходимо исходить из технико-экономического сравнения вариантов.

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 значительной 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 – снизить температуру и повысить 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 (микрон). 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 требуемое для растений количество влаги в корнеобитаемый слой подается 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 трубочатым 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 невозможностью регулировать водный режим почв в полном соответствии с потребностями всех возделываемых на осушаемом массиве культур.

Микродождевание. *Импульсное дождевание* позволяет поддерживать оптимальную влажность почвы в течение всего вегетационного периода, создавать оптимальный для растений микроклимат при сни-

жении 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 выше, 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 оно 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 гидropневмоаккумуляторах 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, который, 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 заключается 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. 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, при этом 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 необратимых 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 перемещается 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.

5.9. Поливы в особых условиях

Орошение культурных пастбищ. Орошаемые культурные пастбища размещают вблизи животноводческих ферм на потенциально плодородных почвах, пригодных для создания высокопродуктивных травостоев. К ним относятся пойменные и склоновые земли, низинные луга, болота, суходолы с уклонами до 0,02–0,05. 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: 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 пастьбы на культурных пастбищах строится по следующему принципу: короткий период пастьбы (стравливание) – длительный отдых (отрастание травостоя). Наиболее широко распространена 12-загонная система. Оптимальное соотношение сторон в загоне составляет 1:2 или 1:3. Лучшие сроки стравливания на минеральных почвах – 2, торфяных – 1 сут. Полный цикл стравлива-

ния во всех загонах не должен превышать период отрастания травостоя, который обычно составляет 22–30 сут.

Загоны ограждают постоянной или переносной изгородью, что в первом случае увеличивает затраты, а во втором – эксплуатационные расходы. Скотопрогоны от фермы, внешние границы участка, продолжительность стравливания определяются из соотношения количества голов в стаде, количества зеленой массы на 1 гол. в сутки (коровы – 40–75, молодняк старше 1 года – 30–40, молодняк до 1 года – 15–25 кг), количества дней пастьбы 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, для молодняка старше 1 года – 30–40 л, до года – 15–20 л.

Сроки полива культурного пастбища (КП) после очередного стравливания зависят от ботанического состава трав и технологии ухода (подкашивание несъеденных остатков, разравнивание экскрементов животных, внесение удобрений). Обычно рекомендуется полив проводить 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 м, молодняка старше года – 1,00–1,25, 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. 5.28.

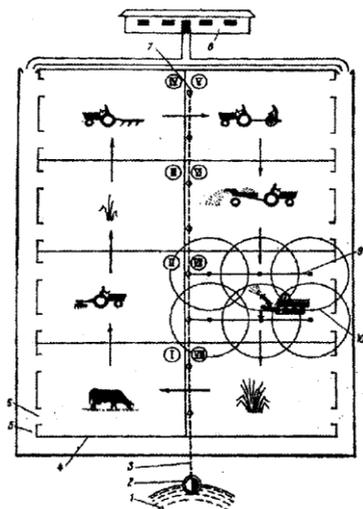


Рис. 5.28. Последовательность операций по уходу за травостоем в загонах орошаемого пастбища:

- 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 отрастание трав; *I* – водоисточник;
- 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

К характерным особенностям технологии орошения дождеванием культурных пастбищ следует отнести необходимость подкашивания и вывоза несъеденной 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 4–5 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 корыта на специально оборудованных площадях.

Орошение садов и ягодников. В повышении урожайности садов и ягодников наряду с другими факторами (специализация и концентрация, сортовой состав, агротехника и т. д.) значение имеет 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 для плодово-ягодных культур в большинстве случаев отклоняется от оптимального.

Многочисленными исследованиями доказано, что режим орошения плодово-ягодных культур зависит от большого количества факторов (возраст, система содержания междурядий, природно-климатические условия, способ полива и т. д.). Установлено также, что 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.

По степени повышения требовательности к содержанию почвенной влаги плодовые культуры располагаются в следующей последовательности: вишня, крыжовник, черешня, яблоня, слива, смородина черная. Обратный порядок характеризует сравнительную влаголюбивость пород.

Орошение в защищенном грунте. Чтобы полностью удовлетворить 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, которую находят при помощи интегратора и пиранометра, установленных внутри теплицы. Учет ведется ежедневно. На основе данных за одни, двое и более суток от предыдущего полива вычисляют норму полива (расчетное суммарное водопотребление, л/м²) по формуле

$$m = (1,02T + 0,011Q)K, \quad (5.36)$$

где T – время, за которое определяется норма полива, сут;

Q – приток суммарной солнечной радиации, кал/см²;

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 % НВ. Частота поливов зависит от фазы роста и развития растений и притока солнечной радиации. Если суточный приток радиации ниже 50 кал/см², огурцы поливают один раз в 3 дня, томаты – один раз в 5–7 дней; при поступлении 50–200 кал/см² поливы проводят соответственно через 2–3 и 4–5 дней. Если суточный приток радиации превышает 200 кал/см², то культуры поливают почти ежедневно, а томаты – один 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/м², томаты – 5–6 л/м². 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/м², для томатов – 6–14 л/м² (в зависимости от месяца вегетации).

В теплицах для орошения часто применяется дождевание, осуществляемое при помощи 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 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 крупные клетки ткани капусты не приспособлены к экономному расходованию воды, а восковой налет является слабой защитой от усиленного испарения. Для поздней и средней 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 огурцов 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 м²).

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 должно занять 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.

Садоводам-любителям следует поливать плодово-ягодные культуры исходя из расчета, приведенного в табл. 5.5.

Таблица 5.5. **Нормы полива плодово-ягодных культур, ведер/м²**

Культура	Почвообразующая порода	Норма полива, ведер/м ²
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

Рекомендуемое общее количество подаваемой с поливом воды (оросительная норма) в сухой год в расчете на 1 м² 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.

Технические характеристики современных средств полива крестьянских (фермерских) хозяйств и закрытого грунта представлены в табл. 5.6.

Таблица 5.6. **Техническая характеристика современных средств полива для крестьянских (фермерских) хозяйств и закрытого грунта**

Наименование	Краткая техническая характеристика
Комплекс малоинтенсивного дождевания «Росинка»	Предназначен для орошения и защиты от заморозков садовых и огородных культур на площади 0,06 га. Давление 0,2–0,25 МПа расход 0,2–0,5 л/с
Шланговый дождеватель позиционного действия «Кооператор»	Предназначен для полива овощных культур и ягодников. Площадь орошения с одной стоянки 0,02 га, за сезон 0,3–0,5 га
Переносной дождеватель «Радуга»	Включает малорасходные дождевательные аппараты, арматуру и шланг, крепящийся к стойке. Давление 0,15–0,20 МПа, расход 0,06–0,5 л/с, радиус полива 10–12 м
Комплекс локально-импульсного полива КЛИП-18	Предназначен для полива овощей в теплицах и парниках площадью до 30 м ² . Полив осуществляется без участия человека круглосуточно на протяжении 1–3 недель
Комплекс импульсного локального орошения ИЛО-3 для промышленных теплиц	Оросительный модуль в среднем на 1000 м ²

Наименование	Краткая техническая характеристика
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
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
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
Дождеватель полустационарный ДП-26	Расход воды 25,5 л/с, давление 0,48 МПа, количество дождевальных аппаратов 21, площадь орошения 15 га, длина шлейфов 27,5 м
Дальнеструйный дождевальный аппарат ДД-30	Расход воды 15–30 л/с, давление 0,5–0,7 МПа, работает позиционно, радиус полива 50–70 м

Лиманное орошение. *Лиманное орошение* – это использование 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 сбрасываются через водообходы в 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 его заключаются в следующем: возможность проведения только одноразового весеннего полива; ограничение применения по условиям рельефа, почв и выращиваемых сельскохозяйственных культур; неравномерность увлажнения почвы по площади; 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 (простые), образуемые только одним валом или дамбой, и многоярусные, создаваемые 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 м³/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.

5.10. Источники воды для орошения

Виды источников и качество оросительной воды. Источниками воды для орошения земель могут быть:

- воды рек с зарегулированным (пруды, водохранилища) или незарегулированным стоком;
- поверхностный местный сток;
- подземные воды, в том числе грунтовые и межпластовые, воды родников и пластовых выходов;
- воды естественных озер;
- сточные воды;
- дренажный сток осушительных и осушительно-увлажнительных систем.

Наиболее распространены первые три вида водоисточников.

Основные требования, предъявляемые к источникам воды для орошения: вода по качеству должна быть пригодной для орошения сельскохозяйственных культур; запасы и расходы воды в водоисточнике должны перекрывать потребности растений в воде в установленные сроки для года расчетной обеспеченности; водоисточник следует располагать вблизи орошаемого массива с целью снижения затрат на его строительство и эксплуатацию.

При выборе источника орошения необходимо учитывать следующие параметры:

- расход воды, который может доставлять данный источник орошения в течение оросительного периода, и его изменение по годам, т. е. сезонный и многолетний режимы источника орошения для лет различной обеспеченности (50, 75, 90 и 95 %);

- суммарное количество воды, которое может дать источник за декаду (месяц), за оросительный период, за год и его колебания во времени;

- положение источника орошения в горизонтальной и вертикальной плоскостях по отношению к орошаемой площади (расстояние водоисточника от орошаемой площади и положение горизонтов воды);

- качество воды в источнике орошения.

Для подземных вод, кроме указанных параметров, необходимо знать дебит и удельный дебит скважин, положение динамического уровня, глубину залегания продуктивного пласта, категорию пород по бурению.

От перечисленных характеристик источника воды для орошения зависят: возможные размеры орошаемой площади с учетом принятого режима орошения; степень необходимости и способ регулирования стока; потребность в улучшении качества оросительной воды; высота ее подъема; технико-экономические показатели проекта.

В общем при выборе источника орошения следует исходить из задач комплексного и рационального использования водных ресурсов и их охраны от загрязнения, а окончательно принимать решение только на основе технико-экономического сравнения возможных вариантов.

Наибольшее предпочтение следует отдавать использованию местного стока для целей орошения, так как при этом задержка поверхностного стока весной уменьшает весеннее половодье, а использование запасенной на орошение воды усиливает внутренний влагооборот данной местности и грунтовое меженное питание рек. При этом улучшается водное благоустройство территории и климатические условия, возможно использование воды для других целей (рыборазведение и т. д.) и уменьшается эрозия почв.

К основным показателям, характеризующим качество оросительной воды, относятся содержание в ней наносов, минерализация, температура, а также щелочность, содержание токсических веществ и активная реакция рН.

Больше всего наносов бывает в водах рек, а меньше – в подземных

водах. Повышенное количество наносов приводит к заилению каналов, уменьшает их пропускную способность, что создает значительные трудности в эксплуатации системы, поскольку приходится выполнять большой объем земляных работ по очистке. Вместе с этим определенная часть наносов оказывает положительное воздействие на орошаемые почвы. Частицы размерами от 0,1 до 0,005 мм обладают невысокой питательной ценностью, но улучшают физические свойства тяжелых почв, увеличивая их водопроницаемость. Глинистые наносы с размером частиц менее 0,005 мм имеют большую питательную ценность, однако значительное количество их на полях может ухудшить физические свойства, водопроницаемость и аэрацию почв. Наиболее полезны глинистые наносы на легких (песчаных, супесчаных) почвах.

Обычно самыми минерализованными являются подземные воды, однако в практике могут встречаться высокоминерализованные воды водохранилищ, прудов и озер. Допустимая для сельскохозяйственных культур и почв минерализация оросительной воды зависит от ее химического состава и водно-физических свойств почв: на легких почвах допускается минерализация больше, чем на тяжелых. Повышенное содержание солей в воде может допускаться при выпадении значительного количества атмосферных осадков и промывке ими почв от солей, при небольших оросительных и поливных нормах, соблюдении высокой агротехники и применении органических удобрений, при большей насыщенности севооборота травами.

Воды, имеющие рН от 6,0 до 8,0, пригодны для орошения всех почв. При рН > 8,0 допускается применять воды для орошения сельскохозяйственных культур на кислых почвах, при рН < 6,0 – для орошения на щелочных почвах.

При использовании для орошения воды с низкой температурой (подземные воды, горные реки) во избежание физиологического шока теплолюбивых культур на оросительной системе необходимо предусматривать устройство специальных бассейнов для прогревания воды, которые выполняют, как правило, и функцию аккумулялирующей емкости суточного или периодического (недельного, месячного) регулирования по согласованию режимов работы водоподъемного оборудования и дождевальной техники.

Использование местного стока в качестве источника орошения без его регулирования невозможно или ограничено. Оно осуществляется двумя способами: путем устройства водохранилищ и прудов в пониженных местах и путем устройства лиманов (лиманное орошение).

Согласование режима орошения и режима водоисточника.

Важным показателем источника орошения является его *оросительная способность*. Под оросительной способностью понимается площадь (нетто) в гектарах, которая может быть орошена при расчетном режиме водоисточника и расчетном режиме орошения сельскохозяйственных культур.

Мощность оросительной системы рекомендуется рассчитывать для критического периода (декады, месяца), во время которого потребность в орошении удовлетворяется с наибольшим напряжением, а оросительная способность водоисточника является наименьшей.

Проведенные исследования по установлению критического периода на примере р. Березины свидетельствуют о том, что критической декадой для большинства сельскохозяйственных культур является первая декада августа, а критическим месяцем – июль. Эти данные можно использовать при проектировании оросительных систем площадью до 500 га.

При согласовании режима водоисточника с режимом орошения и определении мощности оросительной системы необходимо учитывать явление асинхронности в колебаниях режима орошения и режима речного стока, т. е. несовпадение по времени засухи на данном орошаемом участке с низкой водностью реки. Учет этого явления позволяет выявить резервы поверхностных вод для орошения дополнительных площадей.

После определения оросительной способности водоисточника она сравнивается с планируемой площадью орошения. В результате определяются необходимость и виды регулирования стока (суточное, декадное, сезонное, многолетнее), а в отдельных случаях – и необходимость иметь в качестве дополнительного источника подземные воды.

В целом же повысить оросительную способность водоисточника можно тремя основными путями: увеличением объема воды, используемого для орошения, и путем регулирования водного режима водоисточника; снижением ординат гидромодуля и оросительных норм; совершенствованием оросительной системы.

Орошение сточными водами. 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 и сокращает затраты минеральных удобрений; попутно путем фильтрации через почву проводить очистку и обезвреживание сточных вод, значительно снижая или исключая загрязнение водоемов и окружающей среды.

В результате хозяйственной деятельности на предприятиях агропромышленного комплекса Республики Беларусь образуются различные категории сточных вод. По происхождению они могут быть хозяйственно-бытовыми, производственными и животноводческими.

В результате внедрения современных технологий состав сточных вод постоянно изменяется. Они стали содержать много токсичных веществ, синтетических моющих средств, болезнетворных микроорганизмов.

Сброс неочищенных сточных вод в компоненты природной среды приводит к негативным последствиям, а в некоторых случаях и к необратимым нарушениям экологической обстановки на агроландшафтах. Вместе с тем природные комплексы и входящая в их состав гидрографическая сеть способны к самоочистке от различных загрязнителей. Поэтому эту способность природных комплексов к самоочищению можно использовать, включая некоторые из них в систему очистки сточных вод.

На современном этапе развития производства можно выделить следующие основные методы очистки сточных вод.

Во-первых, это очистка сточных вод в искусственных условиях на специальных инженерных очистных сооружениях.

Во-вторых, очистка сточных вод в естественных условиях.

В-третьих, комбинированная очистка, объединяющая искусственные очистные сооружения и технологии, основанные на способности природных комплексов к самоочищению.

Данная классификация в определенной степени условна, так как используемые компоненты природной среды обычно дополняются специальными сооружениями или моделируются искусственно.

В системе мер по защите водных ресурсов от загрязнения особое место занимают технологии утилизации сточных вод после их предварительной подготовки и обеззараживания. Одной из таких технологий является использование сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур и древесно-кустарниковых насаждений. При этом орошаемые угодья являются завершающим этапом естественной почвенно-биологической очистки и обеззараживания сточных вод.

Первостепенное значение в почвенно-биологической очистке сточных вод принадлежит почве.

Сущность почвенной очистки сточных вод заключается в использовании поглотительной способности почвы – механической, физической, физико-химической, химической и биологической.

Наибольшее значение имеет поглощение, вызываемое действием поверхностных сил молекулярного и ионно-электростатического происхождения (физическое, физико-химическое и химическое), а также биологическое. Причем биологическое поглощение характеризуется способностью поглощать питательные вещества микроорганизмами и корневой системой растений.

Анализ состава сточных вод показал, что высокой удобрительной ценностью обладают стоки животноводческих ферм и комплексов. Они более технологичны при подготовке к поливу и представляют собой смесь экскрементов животных, остатков корма с питьевой и технологической водой, песком, землей и другими посторонними включениями.

Количество удобрительных элементов, содержащихся в животноводческих стоках, изменяется прямо пропорционально количеству сухого вещества:

$$M_c = \frac{C_c M_3}{C_3}, \quad (5.37)$$

где M_c , M_3 – количество удобрительных элементов соответственно в стоках и экскрементах, % общего объема стоков;

C_c , C_3 – содержание сухого вещества в стоках и экскрементах, % объема.

При разбавлении смеси экскрементов водой содержание элементов уменьшается согласно зависимости

$$K = \frac{K_1 W_1 + K_2 W_2}{W_1 + W_2}, \quad (5.38)$$

где K – концентрация расчетного элемента, кг/м³;

K_1 – концентрация элемента в смеси экскрементов, кг/м³;

K_2 – концентрация в воде, используемой для смыва и разбавления, кг/м³;

W_1 – объем смеси экскрементов, м³;

W_2 – объем воды, используемой для смыва или разбавления, м³.

Химический состав стоков животноводческих комплексов с точки зрения их удобрительной ценности характеризуется коэффициентом удобрительного потенциала:

$$K_{\text{уп}} = 100 \frac{\sum B_i}{\sum C_i}, \quad (5.39)$$

где $K_{уП}$ – коэффициент удобрительного потенциала, %;

ΣB_i – суммарная концентрация основных биогенных элементов (N, P, K), содержащихся в сточных водах, мг/л;

ΣC_i – суммарная концентрация всех биогенных элементов и солей, содержащихся в сточных водах, мг/л.

По удобрительному потенциалу сточные воды подразделяются на следующие группы:

– первая группа – высокая удобрительная ценность:

$$K_{уП} > 20 \%;$$

– вторая группа – средняя удобрительная ценность:

$$K_{уП} = 10\text{--}20 \%;$$

– третья группа – низкая удобрительная ценность:

$$K_{уП} < 10 \%.$$

Наряду с характеристикой удобрительного потенциала при оценке качества сточных вод для полива необходимо учитывать также и целый ряд опасностей:

– натриевую по соотношению

$$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / \text{Na}^+ \leq 60 \%; \quad (5.40)$$

– магниевую по соотношению

$$100\text{Mg}^{2+} / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \leq 50 \%; \quad (5.41)$$

– карбонатно-натриевую по соотношению

$$\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \leq 2,5 \text{ мг-экв/л}; \quad (5.42)$$

– ошелачивания по соотношению

$$\text{Na}^+ / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \leq 0,7 \text{ мг-экв/л}$$

и

$$\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+} \leq 1 \text{ мг-экв/л}; \quad (5.43)$$

– водородного числа – $\text{pH} > 8,5$.

Ориентировочные значения качественных показателей некоторых видов сточных вод, полученные с использованием зависимостей, приведенных выше, приведены в табл. 5.7.

Таблица 5.7. Качественные показатели отдельных категорий сточных вод

Вид сточных вод	Коэффициент удобрительного потенциала $K_{уп}$, %	Опасности		
		водородного числа pH	натриевая, %	магниевая, %
1. Стоки свинокмплекса:				
а) поступающие в РОС	33,8 (высокий)	7,65	2,7	29,4
б) на орошение	32,2 (высокий)	7,82	2,2	21,5
в) ливневой канализации	19,8 (средний)	7,70	2,7	18,4
г) хозяйственно-бытовые	19,9 (средний)	7,60	0,6	16,6
2. Маслозаводов	12,2 (средний)	6,90	2,1	22,5
3. Сахарных заводов	10,3 (средний)	7,00	1,1	25,0
4. Плодоовощных консервных предприятий	5,9 (низкий)	7,30	0,8	47,0
Предельные значения	–	8,5	60	50

При определении пригодности сточных вод для орошения необходимо учитывать почвенные условия. Например, полив стоками с высоким содержанием взвешенного осадка в виде мелкодисперсного вещества тяжелых и бесструктурных почв может нарушить в увлажняемом почвенном профиле оптимальное соотношение между водой и воздухом, что повлечет за собой развитие нежелательных анаэробных процессов и резко ухудшит санитарно-гигиеническую обстановку орошаемых полей. Полив же такими водами легких песчаных почв будет способствовать уменьшению их водопроницаемости, оструктуриванию, повышению их влагоемкости. При орошении сельскохозяйственных культур хлоридно-натриевыми водами на карбонатных почвах с содержанием гипса менее 0,7 г/л будут интенсивно протекать процессы осолонцевания.

Оросительные системы с использованием животноводческих стоков (ОСС) проектируются из условия приема всего годового объема стоков для полива в теплый период года.

Мелиоративные системы, на которых проводится орошение сточными водами, являются крупными антропогенными включениями в природную среду и оказывают влияние на экологическую ситуацию в районе функционирования, поэтому они проектируются водооборотными. Это исключает сброс сточных и возвратных вод за пределы полей орошения. Достигается это тем, что на оросительных системах устраивается дренажно-сбросная сеть для сбора загрязненных поверхностных и инфильтрационных вод, аккумуляции их в специальных водоемах с последующим использованием для полива. На рис. 5.29 приведена принципиальная схема такой специализированной водооборотной системы.

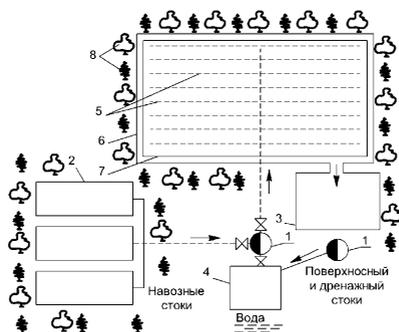


Рис. 5.29. Принципиальная схема водооборотной оросительной системы:

- 1 – насосная станция; 2 – РОС; 3 – накопитель поверхностного и дренажного стока; 4 – смесительная камера;
5 – дренажная сеть; 6 – обводная сеть;
7 – орошаемый массив; 8 – лесозащитные полосы

Основными элементами такой системы являются:

- резервуары осветленных стоков (РОС), в которых аккумулируется годовой объем стоков, предназначенных для орошения;
- система трубопроводов оросительной сети с насосной станцией для распределения стоков по поливным участкам;
- дренажно-сбросная сеть для перехвата загрязненных поверхностных и дренажных вод;
- пруды-накопители сбросных (возвратных) вод;

– лесозащитные насаждения для оздоровления ситуации на прилегающей к полям орошения территории.

В последнее время основными направлениями по обеспечению экологической безопасности специализированных мелиоративных систем является, прежде всего, применение высокоэффективных способов предварительной очистки и подготовки стоков, поступающих в накопители.

5.11. Сооружения, дороги и защитные лесные насаждения на оросительных системах

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 приведенные ниже типы.

Сооружения по регулированию расходов воды. К данному виду сооружений 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. Данные сооружения бывают перегораживающими и подпорными. Это шлюзы-водовыпуски со 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 (быстроходы, 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 их попадания в оросительную сеть из источника орошения (отстойники, песколовки и т. д.).

Трубчатая оросительная сеть – это сеть, представляющая собой стационарные разборные (перемещаемые по площади) трубопроводы. Она имеет следующие положительные качества: высокий коэффици-

ент 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 ее недостаткам можно отнести 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 следующими сооружениями:

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, применяются из сборного железобетона. Допускается устройство колодцев из местных материалов (кирпича или монолитного бетона). Параметры колодцев в плане определяются количеством и размерами размещаемой в них арматуры с учетом допустимых минимальных расстояний от ее элементов 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 водовыпусками 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.

Эксплуатация оросительной системы. Эксплуатация оросительной системы включает: осуществление планового водопользования в системе и 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 насосов, 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 и 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 отрицательные стороны их работы, возникает потребность в совершенствовании.

нии, переустройстве и дооборудовании систем на основе современных достижений мелиоративной науки и практики.

В зависимости от технического состояния выделяют четыре 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, снижение засоления земель и поступление 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. Чем определяется потребность орошения земель в Беларуси?
2. Какие бывают виды оросительных мелиораций?
3. Что понимается под режимом орошения?
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 потребное количество дождевальных машин и марку насосной станции для обслуживания данного севооборота?

8. Почему поверхностные способы полива требуют тщательной планировки почвы?

9. Изложите сущность совершенствования способов и технологий орошения.

6. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ВИДЫ МЕЛИОРАЦИЙ

6.1. Требования, предъявляемые к культуртехническим мелиорациям

Культуртехнические мелиорации – это старейший вид земельных улучшений. Понятие «культуртехника» заимствовано из немецкого языка и подразумевает систему мероприятий по освоению территорий, занятых древесно-кустарниковой растительностью, с последующим использованием под пашню и луга.

В современном понимании культуртехнические мелиорации представляют собой систему агромелиоративных и агротехнических приемов, которые направлены на улучшение агрофизических и технологических свойств почвы и ее поверхности с целью повышения эффективного почвенного плодородия и создания условий для высокопроизводительной работы сельскохозяйственной техники. Культуртехнические мелиорации направлены на решение следующих задач:

– приведение поверхности территории в пахотопригодное состояние путем устранения различных препятствий (удаление кустарника, мелколесья, кочек, камней и др.);

– создание достаточно глубокого окультуренного слоя с применением первичной обработки и других приемов коренного улучшения почвы.

Объектами культуртехнических мелиораций являются суходолы, осушаемые торфяно-болотные, заболоченные и избыточно увлажняемые почвы с различными генетическими, водно-физическими и агрохимическими свойствами.

По направленности культуртехнические мелиорации делят на следующие группы:

- первичное освоение осушаемых земель;
- освоение под посевы новых площадей, не требующих осушения;
- коренное улучшение выродившихся сенокосов и пастбищ;
- поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ.

Освоение осушаемых и не требующих осушения земель заключается в подготовке площади к посеву с ликвидацией старой растительности и заменой ее полевыми и овощными культурами или сеянными многолетними травами. Эти мероприятия усиливают положительное действие осушения на водный, тепловой режимы почвы и в итоге создают лучшие условия для возделывания культурных растений.

Старопахотные земли улучшают в основном путем ликвидации мелкоконтурности, повышения плодородия недостаточно окультуренных участков, а также создания оптимального водного режима с помощью агромелиоративных мероприятий. Коренное улучшение выродившихся лугов и пастбищ – это создание чистой, ровной поверхности и замена выродившегося травостоя сеянным. Поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ включает такие мероприятия, как очистка лугов от кустарника, кочек, камней, заравнивание ям, рыхление дернового уплотненного слоя, внесение удобрений, борьба с сорняками, подсев многолетних трав и т. д.

К культуртехническим мелиорациям предъявляются приведенные ниже требования.

1. Обязательное соответствие всех приемов генетическим особенностям осваиваемых почв. Перенесение механических приемов освоения минеральных почв на торфяно-болотные или наоборот, а также проведение работ без учета их природных свойств зачастую приводит к снижению плодородия, замедлению процесса окультуривания. Приемы первичной обработки должны обязательно соответствовать мощности пахотного гумусированного слоя.

2. Максимальное сохранение на месте органического вещества. Следует строго ограничивать применение таких способов подготовки поверхности закустаренных земель, которые создают условия и способствуют «механической эрозии», вызываемой применением механизмов типа корчевателей-собирателей.

3. Отсутствие на поверхности почвы помех, которые необходимо удалять до посева первичных культур. Это требование предполагает ликвидацию валов, куч или других препятствий, которые являются инкубаторами сорной растительности и приводят к потерям части полезной сельскохозяйственной площади. Неполное использование пло-

щадя замораживает значительную часть инвестиций, вложенных в мелиорацию.

4. Возможность комплексной механизации всего технологического процесса освоения. Выбранные способы освоения должны соответствовать наименьшим затратам ручного труда, средств и сократить межсезонный период производства работ.

5. Неразрывность культуртехнических мелиораций с гидротехническими и другими приемами, в частности, с осушением. Если после строительства осушительной сети не проводить освоение почв, то за счет изменения водно-воздушного режима влаголюбивая растительность начнет вымирать, питательные вещества будут вымываться и продуктивность почвы сразу же после осушения резко снизится.

6. Увязывание выбираемых способов и приемов освоения с характером последующего использования мелиорируемых земель. В каждом конкретном случае культуртехнические мелиорации требуют творческого применения уже известных приемов и способов с тем, чтобы они полностью отвечали природным условиям проведения работ.

Соблюдение изложенных требований позволяет уменьшить отрицательное воздействие на окружающую среду, выполнить качественную подготовку почвы к сельскохозяйственному использованию.

6.2. Способы удаления древесно-кустарниковой растительности

Для закустаренных земель, подлежащих освоению, характерно большое разнообразие древесно-кустарниковой растительности (ДКР) как по видовому составу, так и по густоте стволов и их размерам. По технологическим свойствам ДКР подразделяется на мягкие, средние и твердые породы. К мягким породам относятся осина, сосна; к средним – ольха, береза, ель; к твердым – дуб, клен, ясень. Твердость породы учитывается при выполнении работ кусторезами. При расчистке площадей от ДКР корчевателями учитывают характер произрастания стволов (одностовольный или гнездовой), покрытие площадей кустами (куртинное или сплошное). Следует принимать во внимание также характер корневой системы. На осваиваемых избыточно увлажненных землях чаще всего растут кустарники с разветвленной корневой системой (ива, осина, ольха), на суходольных – породы с мощными стержневыми и боковыми корнями (дуб, сосна, ель и др.).

Классификация древесно-кустарниковой растительности приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Классификация древесно-кустарниковой растительности

Тип и группа	Диаметр стволов, см	Высота стволов, м	Количество стволов, тыс. шт/га		
			редкая растительность	средняя растительность	густая растительность
Кустарник: мелкий крупный	Менее 4 4–8	До 4 4–6	Менее 10 Менее 5	10–16 5–9	Более 16 Более 9
Мелколесье	8,1–12	6–10	Менее 0,8	0,8–2,2	Более 2,2
Лес:					
тонкомерный	12,1–16,0	6–10	Менее 0,4	0,4–1,4	Более 1,4
мелкий	16,1–24,0	11–15	Менее 0,3	0,30–0,85	Более 0,85
средний	24,1–32,0	Более 15	Менее 0,16	0,16–0,52	Более 0,52
крупный	Более 32	Более 15	Менее 0,08	0,08–0,32	Более 0,32

Примечание. Замеры диаметров стволов кустарника производятся на уровне корневой шейки, деревьев – на высоте 1,3 м.

Удаление древесно-кустарниковой растительности производится следующими способами: срезкой, корчеванием, фрезерованием, запашкой и др. Выбор способа удаления и утилизации ДКР производится на основе технико-экономического обоснования. При этом рассматриваются возможные, наиболее эффективные способы, включая заготовку для использования на топливо, для нужд промышленности, сельского хозяйства, строительства, реконструкции и ремонта мелиоративных систем.

Срезка кустарника и мелколесья применяется как на суходольных, так и на переувлажненных (осушаемых участках), покрытых древесно-кустарниковой растительностью с диаметром прикорневой шейки до 20–25 см при наличии пней и больших кочек.

Срезку кустарника и мелколесья машинами с пассивным рабочим органом проводят в основном в зимний период при промерзании почвы на глубину не менее 15 см и мощности снегового покрова до 50 см. При мощности снегового покрова до 50 см кусторезы работают с большей производительностью и их работа отличается лучшим качеством. Тяговое сопротивление снижается на 6–8 %. В зимний период стволы и стебли более хрупки, а снеговой покров создает большую устойчивость ствола, что способствует лучшей его срезке. Высота среза в это время составляет 12–20, летом – 20–35 см, причем резко увеличивается с уменьшением толщины стволов. Кроме того, летом кусты с диаметром прикорневой шейки до 3 см приминают, а срезанные засыпают землей. Лучше всего кусторезы срезают ольху, крушину,

орешник, осину, березу и хуже – иву. Неудовлетворительно убирается кустарник высотой до 2,5 м – срезается только 50–65 % всей поросли.

Для срезки кустарника и мелколесья на равнинных участках при наличии поверхностных камней до 15 м³/га применяют кусторезы. При количестве поверхностных камней более 15 м³/га или пней старой вырубki более 50 шт/га, а также при неровном рельефе для срезки можно использовать бульдозеры. На участках, имеющих уклон 8–12°, срезку следует проводить поперек склона. Применение кусторезов обеспечивает полное сохранение гумусового горизонта, увеличивает производительность по сравнению с корчеванием в 2–3 раза.

При работе пассивных кусторезов используют следующие схемы движения: спиральную, всвал, челночную и загонную. *Спиральная схема* применяется на участках неправильной формы при равнинном рельефе. В этом случае кусторез движется по периметру закустаренного контура, который по мере продвижения машины приобретает овальную форму.

Для работы по схеме *всвал* покрытая кустарником площадь визуально разбивается на загоны шириной 50–60 м. Направления длинных сторон загонов должны совпадать с направлением длинных сторон очищаемого участка. Работа кустореза начинается с первого прохода посередине загона. На краю загона кусторез разворачивается и делает второй проход рядом с первым. Таким образом, этот процесс повторяется до полной расчистки участка.

Челночная схема рекомендуется на участках с уклонами поверхности 15–20° и более. Рабочие проходы кустореза целесообразно выполнять вдоль длинной стороны осваиваемого участка, но, как правило, поперек уклона или под небольшим углом к нему. При срезке кустарника на небольших участках, имеющих ширину поперек уклона не более 30–40 м, кусторез может не разворачиваться в конце загона, а перемещаться в исходное для работы положение задним ходом.

Загонную схему рекомендуется применять при освоении объектов, имеющих контуры, покрытые древесной растительностью, шириной, кратной 80–100 м. Участок, покрытый кустарником, разбивается на загоны шириной до 20–25 м и длиной, равной большей стороне участка. Работа кустореза по данной схеме предусматривает срезку растительности только по длинной стороне загона с выходом на чистую от кустарника полосу разворота. Развернувшись на 90°, агрегат переходит к третьему загону, где разворачивается еще на 90° и движется в направлении, обратном предыдущему ходу. В результате движения

кустореза по данной схеме срезанный кустарник укладывается на первых двух загонах в одном направлении, а на двух других – в другом. Такое расположение древесной растительности облегчает последующую работу по сгребанию ее в валы.

Корчевка кустарника и мелколесья. Сводку древесно-кустарниковой растительности способом корчевки целесообразно проводить в тех случаях, когда предварительная срезка надземной части невозможна или технически и экономически не оправдана (редкий кустарник, наличие поверхностных камней более 50 м³/га, изрытая и неровная поверхность, заросшие вырубki и т. д.). Корчевку ДКР проводят раздельным корчеванием с последующим сгребанием древесной массы в валы или кучи и совмещенным корчеванием с одновременным сгребанием древесины. Для этого используют корчеватели-собиратели (рис. 6.1).

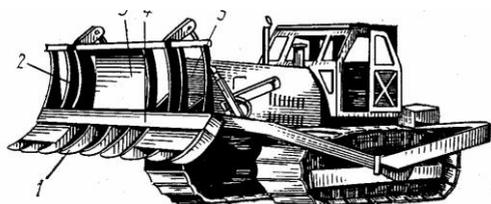


Рис. 6.1. Корчеватель-собирающий:

- 1 – зубья-клыки;
- 2 – подъемник;
- 3 – основной отвал;
- 4 – балка;
- 5 – уширители

Раздельное корчевание с последующим сгребанием выполняется в следующей последовательности. Проводится корчевка с перемещением выкорчеванной древесины на 8–15 м от подкоренной ямы. Выкорчеванную массу оставляют на 7–15 дней для просушки, после чего сгребают ее в валы или кучи с перемещением до 50–100 м. Выкорчеванный кустарник, мелколесье и пни перетряхивают якорными цепями, что позволяет значительно очистить корневую систему от гумусной почвы и оставить ее на месте производства корчевки.

Корчеванию не подлежат леса, за исключением острой необходимости, например, для выравнивания контуров при согласовании с соответствующими инстанциями.

При одновременном корчевании и сгребании ДКР объем сгребаемой в валы почвы при нормальном увлажнении достигает 600–650 т/га, при раздельном корчевании объем сгребаемой почвы значительно снижается и составляет 250–300 т/га, при срезке надзем-

ной части растений кусторезами объем сгребаемой почвы равен 125–150 т/га.

Утилизация собранного мелколесья и кустарника. Если собранную древесно-кустарниковую растительность не используют в хозяйственных или промышленных целях, то ее уничтожают. Ликвидация валов или куч, состоящих на 70–80 % из дернины и почвы и на 20–30 % из стволов и ветвей, переплетенных между собой, является довольно трудоемкой работой. Ликвидация валов и куч может производиться следующими способами: сжиганием, закапыванием (захоронением), путем естественного разложения древесины на месте складирования.

Сжигание применяют на минеральных почвах с соблюдением правил пожарной безопасности. На торфяно-болотных почвах сжигание запрещено, а собранную древесину с торфяных почв вывозят за пределы участка на минеральные земли и там уничтожают.

Закапывание древесно-кустарниковой растительности производится в траншеях. Экскаватором роют котлован длиной не менее 10–12 м, шириной по дну 3–6 м и глубиной до 2–3 м в зависимости от количества древесины на площади. Затем в этот котлован сдвигают древесно-кустарниковую растительность, уплотняют гусеницами трактора и засыпают почвогрунтом слоем не менее 60–70 см. Однако закапывание имеет существенные недостатки, так как нередко на месте закопанного кустарника образуются просадки грунта (западины), в которых скапливается поверхностная вода, приводящая к усложнению обработки почвы и вымочке сельскохозяйственных культур. Вторым недостатком является возможное перемешивание извлеченного грунта из котлована с растительной почвой и снижение ее плодородия.

Экологически безопасным способом ликвидации древесины в валах или кучах является оставление их на месте в течение 2–3 лет. За этот период древесина разлагается, после чего проводится перетряхивание древесной массы корчевателями-собирающими. Неразложившиеся растительные остатки сгребают и вывозят за пределы участка.

Выбор способа ликвидации валов и куч зависит от наличия материально-технических ресурсов, но в любом случае необходимо выбирать такой, который бы обеспечивал экологическую безопасность и минимальные затраты на проведение операции.

Фрезерование. Данная технология обеспечивает введение древесной массы растений в баланс органического вещества почвы. Установлено, что по некоторым компонентам химического состава древесины растительные остатки превосходят их содержание в соломе и навозе.

Листья по химическому составу близки к навозу, отличаясь от последнего меньшей зольностью. Скорость разложения древесины в почве находится в прямой зависимости от содержания азота в органическом веществе и углеводов. Доказано, что листья запаханной серой ольхи полностью разлагаются в первый же год: спустя четыре месяца они теряют 96,6 % сухого вещества. При разложении органической массы, богатой азотом, происходит образование подвижных форм азота – аммиака и нитратов, скорость образования которых зависит от вида материала и условий разложения. Усиление аэрации почвы после внесения растительных остатков влечет за собой усиление биологической активности и как следствие – увеличение в почве легкорастворимых форм фосфорной кислоты, активного калия и нитратов.

Фрезерование проводят на торфяниках и заторфованных участках. Преимущество фрезерования заключается в том, что за один проход выполняются все операции по подготовке территории для сельскохозяйственного использования. Фрезерование древесно-кустарниковой растительности производится специальными машинами, например, навесными фрезами ФБН-1,5 или ФБН-2 или прицепными ФБ-2, МТП-42А. Перед фрезерованием с участка необходимо удалить деревья диаметром более 12 см, а также пни диаметром более 20 см. При высоте кустарника и мелкокося более 5 м и общем запасе древесины (включая погребенную) более 50 м³/га рекомендуется предварительно удалить надземную часть, что способствует повышению качества и производительности фрезерования.

Запашка. Наиболее дешевый способ освоения закустаренных земель – запашка кустарниково-болотными плугами под пласт, что включает целый ряд операций, присущих другим методам. Этот способ также обеспечивает ввод неликвидной древесины в баланс органического вещества почвы. Запашка применима при высоте кустарника до 6 м и с диаметром стволов у корневой шейки 6–9 см на торфяных почвах с глубиной торфа более 0,5 м и на минеральных с мощностью гумусового слоя более 25 см. При запашке кустарника незаделанные древесные остатки на поверхности не должны превышать 1 %. При содержании в древостое более 30 % ивы запашка неприменима, так как через некоторое время она начинает отрастать. Недостатком запашки кустарника является то, что в первые 3–4 года участки нельзя перепахивать, т. е. пока не разложится запаханный кустарник. Технология освоения закустаренных земель способом запашки в обязательном порядке завершается прикатыванием поверхности.

Рекомендуемая глубина заправки кустарника в зависимости от размеров кустарника приведена в табл. 6.2.

Прямая заправка древесно-кустарниковой растительности болотно-кустарниковыми плугами с совмещением приемов подготовки поверхности и первичной обработки целинной почвы позволяет сохранить в почве органическое вещество древесной растительности. Запаханый кустарник, способствуя удалению излишков влаги, улучшая аэрацию почвы и препятствуя резким колебаниям влажности пахотного горизонта, оказывает благоприятное влияние на водный и воздушный режимы почвы.

Таблица 6.2. Глубина заправки кустарника в зависимости от его высоты

Почва	Минимальная глубина пахоты при размерах кустарника, см			
	высота до 1,5 м	высота 1,5–2,5 м, диаметр стволов 1,5–3 см	высота 2,5 м, диаметр стволов до 5 см	высота 5–6 м, диаметр стволов 6–8 см
Дерново-подзолистая, мощность гумусового слоя не менее 16 см	18–20	20–22	26–28	–
Торфяная	22–25	28–30	35–40	40–45

Удаление с торфяной залежи погребенной древесины. Засоренность торфяно-болотных почв погребенной древесиной определяется процентным отношением ее объема к объему слоя почвы, из которого намечено удалить древесные остатки. Вновь осваиваемые болота по засоренности торфяной залежи погребенной древесиной подразделяются на слабо засоренные (до 0,5 %), средне засоренные (0,5–2,0 %) и сильно засоренные (более 2 %). Торфяно-болотные почвы, засоренные погребенной древесиной, должны быть очищены от нее на глубину до 50 см. При засоренности торфяной залежи до 0,5 % от объема 50 см слоя почвы древесину убирают после вспашки кустарниково-болотными плугами. Если в торфяной залежи погребенная древесина содержится в объеме свыше 0,5 %, ее извлекают на поверхность корчевальными машинами. Выкорчеванную древесину собирают в валки корчевателями-собирающими, тракторными граблями, валкователями, грузят в транспортные средства и вывозят за пределы участка для использования на топливо или на технологическую щепу.

Уничтожение кочек и мохового очеса. По происхождению и свойствам кочки бывают растительные, земляные, приствольные, пневые, привалунные, а по высоте – карликовые (высотой до 15 см), низкие (15–25 см), средние (25–30 см) и высокие (более 50 см). По степени покрытия и количеству на гектаре кочки классифицируются согласно табл. 6.3.

Валунные и приствольные кочки удаляются в процессе корчевки деревьев, пней и корней. Карликовые кочки высотой до 15 см уничтожают боронованием или шлейфованием рельсовыми волокушами. Кочки высотой 15–25 см уничтожают либо дискованием заочкаренной площади тяжелыми дисковыми боронами, либо измельчением болотными фрезами с последующим прикатыванием тяжелыми катками. Кочки высотой 25–50 см уничтожаются способом глубокого сплошного фрезерования с предварительным прикатыванием (сжатием кочек) тяжелыми катками. Кочки высотой более 50 см срезаются кочкорезами с последующим фрезерованием площади. Если на территории имеется моховой очес мощностью до 15 см в неосушенном состоянии, его запахивают кустарниково-болотными плугами; мощностью 15–40 см – рыхлят, сгребают и вывозят за пределы участка освоения.

Таблица 6.3. **Классификация кочек**

Заочкаренность	Процент покрытия площади кочками	Количество кочек на 1 га, тыс. шт.
Слабая	15–30	Менее 5
Средняя	31–60	5–15
Сильная	Более 60	Более 15

При удалении кочек и мохового очеса необходимо выполнять следующие требования:

- надземная часть кочек должна быть полностью удалена, а основание кочек должно быть уничтожено измельчением или запахиванием;
- размер фракций измельченных кочек не должен превышать 10 см;
- запаханные кочки должны быть полностью засыпаны почвой слоем не менее 20 см.

При запахке моховой очес должен находиться на дне борозды и быть полностью засыпанным землей.

Очистка земель от камней. Земли, засоренные камнями, должны быть очищены от них как с поверхности, так и с пахотного горизонта.

По крупности и степени засоренности камнями сельскохозяйственные угодья делятся на ряд групп (табл. 6.4, 6.5).

Засоренность камнями влияет не только на работу сельскохозяйственной техники, но и вызывает частые поломки рабочих органов, снижает производительность машин, исключает возможность применения энергонасыщенных скоростных агрегатов, возрастают потери урожая как за счет огрехов, так и из-за низкого качества обработки почв и уборки.

Таблица 6.4. Степень засоренности земель камнями

Группа	Степень засоренности	Общий объем камней, м ³ /га	Общая масса камней, т/м ³
I	Очень сильная	100 и более	Более 260
II	Сильная	50–100	130–260
III	Средняя	20–50	50–130
IV	Слабая	5–20	10–50
V	Очень слабая	До 5	Менее 10

При проведении камнеуборочных работ следует удалять поверхностные, полускрытые и скрытые в верхнем (30 см) слое почвы камни размером более 8 см. При отсутствии соответствующих камнеуборочных машин в зависимости от степени закаменности и характера использования земель удаляются камни размером более 10 см.

Таблица 6.5. Распределение камней по крупности

Группа	Средний диаметр камней, см	Масса, кг	Примечание
I – очень крупные	Более 100	Более 2000	Затрудняет работу машин и орудий
II – крупные	60–100	500–2000	То же
III – средние	30–60	50–500	То же
IV – небольшие	10–30	2–50	Затрудняет работу плугов и сеялок
V – мелкие	5–10	0,5–2,0	Затрудняет работу уборочных машин

Перед началом камнеуборочных работ участок осматривают, намечают проезды для тяжелых машин. Работы начинают с корчевания камней, расположенных ближе к месту складирования.

Технология культуртехнических работ на пахотных угодьях, засоренных камнями, включает следующие операции:

- извлечение крупных и средних камней с поверхности и из пахотного горизонта с перемещением их к месту погрузки;
- погрузка крупных и средних камней на транспортные средства; вывозка с очищаемого участка к месту складирования;
- заравнивание ям и воронок после уборки крупных и средних камней;
- уборка и вывозка мелких камней с поверхности почвы и полуоткрытых;
- вспашка с углублением пахотного слоя с последующей разделкой пласта;
- повторная уборка мелких камней с перемещением их к месту погрузки (или одновременная уборка и погрузка);
- планировка поверхности поля, вывоз собранных камней на строительные нужды.

Погрузка выкорчеванных камней в транспортные средства выполняется корчевателями, грейферными и челюстными погрузчиками, автокранами с тросовым захватом (в зависимости от транспортных средств). Для транспортирования камней к местам складирования используют тракторные прицепы, самосвальные лыжи и волокуши, агрегируемые с тракторами класса 30, 50 и 60 кН. Вывозку на самосвальных лыжах и волокушах допускается применять при дальности транспортировки менее 500 м. Мелкие и средние камни диаметром 10–65 см убирают камнеуборочными машинами УКП-0,6 (рис. 6.2) и УКС-0,7. Дальность возки камней камнеуборочными машинами и погрузочно-транспортными агрегатами не должна превышать 1000 м.

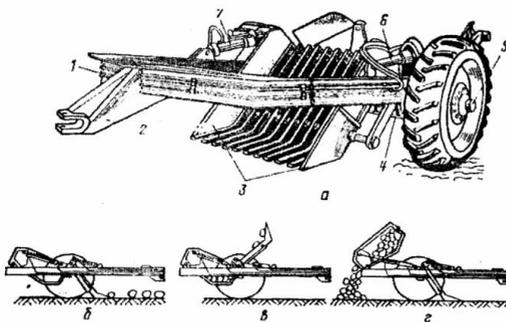


Рис. 6.2. Камнеуборочная машина УКП-0,6:
а – внешний вид;
б – сбор камней;
в – загрузка контейнера;
г – выгрузка камней;
1 – рама; *2* – прицепное устройство; *3* – камнеуборщик; *4* – ось; *5* – колесо; *6, 7* – гидроцилиндры

Планировка поверхности. Вновь осваиваемые земли часто имеют ярко выраженный микрорельеф поверхности (наличие западин, подко-

ренных ям, старых сооружений и т. д.). Рельеф может ухудшаться в процессе мелиоративно-строительных работ – прокладки осушительной сети, расчистки площадей от древесно-кустарниковой растительности, пней, камней. Это способствует неравномерному увлажнению верхнего слоя почвы, застою воды в понижениях, что задерживает сроки обработки почвы, вызывает вымокание сельскохозяйственных культур, затрудняет уборку урожая, особенно на осушаемых землях.

Целью планировки поверхности почвы являются: улучшение действия и повышения эффективности мелиоративных систем; обеспечение равномерности увлажнения и прогревания верхнего слоя почвы; улучшение организации поверхностного стока; улучшение условий применения широкозахватных, скоростных агрегатов при возделывании сельскохозяйственных культур. За счет проведения планировки поверхности почвы возможно повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 10–50 %.

Первичная строительная планировка разделяется на предварительную (грубую) и чистовую (выравнивание микрорельефа). Грубая планировка производится перед первичной обработкой почвы и заключается в ликвидации различных земляных сооружений и неровностей (старых каналов, ям, котлованов, отвалов грунта и т. п.). Задачей грубой планировки является создание поверхности поля, пригодной для первичной обработки почвы, а также улучшение условий стока поверхностных вод. Работы по ликвидации земляных сооружений выполняются обычными землеройно-транспортными машинами. Старые мелкие каналы и другие неровности земли можно запахивать всвал кустарниково-болотными плугами.

6.3. Первичная обработка и окультуривание почвы

После расчистки осваиваемых площадей от кустарника, удаления пней и камней, ликвидации кочек, планировки поверхности, а также на чистых землях проводят первичную обработку почвы. Распространены следующие основные способы первичной обработки почвы: отвальная вспашка, разделка пласта и прикатывание; предварительная разработка дернины, отвальная вспашка, разделка пласта и прикатывание; дискование и прикатывание; фрезерование и прикатывание.

Первичная обработка увеличивает доступ воздуха в почву, что способствует превращению вредных для растений закисных соединений в почве в окисные, безвредные. При этом происходит разделка расти-

тельных остатков дернины, улучшаются водный, питательный, тепловой и микробиологический режимы почвы, что усиливает процесс разложения растительных остатков и улучшает условия роста и развития сельскохозяйственных культур. Эти процессы можно усилить или ослабить изменением глубины вспашки, числа следов тяжелой дисковой бороны или фрезы при разделке дернины или пласта.

Первичная обработка включает уничтожение имеющейся растительности и рыхление осваиваемых площадей. К первичной обработке предъявляются следующие основные требования: соответствие глубины вспашки мощности гумусового или торфяного горизонта; хороший оборот (160–180°) и крошение пласта; глубокая и полная заделка дернины, травянистой растительности и мелких древесных остатков; под свальными гребнями не должна оставаться непропаханная дернина, а поворотные полосы и края поля должны быть также обработанными.

Первичную обработку почвы осваиваемых площадей можно начинать только тогда, когда эти площади в достаточной степени осушены, удалены кустарник и другие механические препятствия на поверхности почвы, которые препятствуют нормальной работе сельскохозяйственных машин. В зависимости от свойств (мощности гумусового горизонта, строения дернины, заочкаренности, каменистости и т. д.) земли, на которых должна быть проведена первичная обработка, делятся на ряд групп, которые рассматриваются ниже.

Обработка минеральных земель с мощностью гумусового горизонта до 15–17 см. На землях с почвами низкого естественного плодородия при легком гранулометрическом составе первичную обработку следует проводить дискованием в пять следов на глубину гумусового горизонта или фрезерованием в два следа, если отсутствуют камни и древесные остатки. На землях с почвами более тяжелого гранулометрического состава применяется безотвальная вспашка культурными или кустарниково-болотными плугами. При этом глубина обработки устанавливается в зависимости от мощности гумусового горизонта (табл. 6.6).

Обработка минеральных земель с мощностью гумусового слоя больше 15 см. Основным методом обработки таких земель – вспашка с оборотом пласта на глубину гумусового горизонта. Мощная связанная дернина на осваиваемой площади перед вспашкой измельчается фрезерованием в один или дискованием в два следа.

Обработка торфяно-болотных почв. При первичном освоении главная задача обработки сводится к созданию условий разрушения

органического вещества природной дернины и другой естественной растительности. Это достигается вспашкой с оборотом пласта на глубину 30–35 см. Если с увеличением глубины степень разложения торфа увеличивается, то вспашка производится на глубину 40–45 см. Для мелкозалежных торфяников (особенно торфянисто-глеевых почв) наиболее эффективна также вспашка с оборотом пласта на глубину 20–25 см.

Таблица 6.6. Глубина обработки почвы, см

Мощность гумусового горизонта, см	Почвы		
	Супесчаные	Суглинистые	Глинистые
15	21	20	19
16	22	21	20
17	22	22	21
18	25	23	22
19	27	25	23
20	29	27	25
21	31	29	27
22	33	31	29
23	35	33	31
24	37	35	33
25	39	37	35

На участках с неразложившимся очесом гипновых или сфагновых мхов, закороченных или покрытых связной дерниной, отвальной вспашке должно предшествовать фрезерование на глубину 10–15 см.

Главной задачей обработки ранее осушенных окультуренных торфяников со степенью разложения 45 % и более в пахотном слое становится поддержание равновесия между разложением и накоплением органического вещества торфяной почвы. Разложение клетчатки в пахотном слое значительно снижается при обработке дискованием в четыре-пять следов вместо вспашки (на площадях с образовавшейся дерниной нужно проводить вспашку).

В состав работ по обработке земель после вспашки для разделки пластов входит в обязательном порядке дискование. Качество разделки и количество проходов дисковой борона зависит от ее перемещения относительно пластов и угла атаки дисковых батарей. Оптимальный угол атаки на минеральных почвах составляет 13–14°, на торфяно-болотных – 8–11°.

На участках, где заделка древесных остатков и дернины мелкая, дискование в один-два следа необходимо проводить вдоль пласта, чтобы исключить их извлечение на поверхность. Затем дискуюют под некоторым углом к основному направлению пласта для выравнивания поверхности. Если вспашка глубокая, разделку пласта следует проводить под большим углом атаки дисковых батарей, а иногда и поперек пластов. Наиболее рационален диагонально-перекрестный способ, при котором достигается лучшее крошение пласта и выравнивание поверхности площади. Разделка пласта производится при оптимальной влажности почвы вслед за вспашкой на минеральных землях и через несколько дней (3–5) после вспашки на торфяниках.

На землях, не засоренных древесными остатками, камнями, эффективным приемом первичной обработки является фрезерование в два следа или сочетание фрезерования в один след со вспашкой. Обработку болот, имеющих на глубине 25–35 см прослойку слаборазложившегося торфа, следует проводить также фрезерованием. Фрезерование должно обеспечить степень измельчения пласта до размера кусочков не более 3 см, хорошее перемешивание дернины с почвой, выравнивание поверхности обрабатываемого участка.

Торфяно-болотные почвы необходимо прикатывать в целях уплотнения их и выравнивания поверхности. Прикатывать почву необходимо сразу после разделки пласта и планировки.

Окультуривание – это проведение системы мероприятий, направленных на устранение последствий неблагоприятных процессов, протекающих в почвах, и создание условий для повышения естественного плодородия почв. Продолжительность окультуривания зависит от интенсивности применяемых приемов и исходного естественного состояния почв.

Очень важным звеном в окультуривании мелиорируемых земель Беларуси является *известкование* кислых почв. Большая часть мелиорируемых земель в республике характеризуется повышенной кислотностью. Это связано с промывным режимом и длительным переувлажнением, способствующим накоплению кислого гумуса и закисных соединений; кислотность старопашотных земель обусловлена характером окислительно-восстановительных реакций и систематическим применением физиологически кислых удобрений, повышенным выносом дренажным стоком кальция и магния. Вновь осваиваемые мелиорируемые земли, как правило, характеризуются слабой насыщенностью основаниями и высокой гидролитической кислотностью. При этом в

составе почвенного поглощающего комплекса содержатся в большом количестве чрезвычайно вредный для растений подвижный алюминий и закисное железо.

Известкование является средством коренного и долговременного повышения плодородия почвы. Оно нейтрализует избыточную почвенную кислотность, повышает в пахотном слое содержание доступного для растений азота, фосфора, кальция, магния, уменьшает подвижность и выводит из раствора подвижный алюминий, улучшает физические, биологические и агрохимические свойства почвы. Средние дозы извести (CaCO_3) для дерново-подзолистых почв приведены в табл. 6.7.

Таблица 6.7. Средние дозы извести для дерново-подзолистых почв, т/га

Почвы	Примерное значение рН	рН солевой вытяжки					
		Менее 4,5	4,6–4,7	4,8–4,9	5,0–5,1	5,2–5,3	5,4–5,5
Песчаные	5,5–5,6	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	–
Супесчаные	5,7–5,8	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0	1,5
Легкосуглинистые	5,9–6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	3,5	2,5
Средне- и тяжело-суглинистые	6,1–6,2	7,0	6,0	5,5	5,0	4,0	3,0

Дозы внесения извести на торфяно-болотные почвы приведены в табл. 6.8.

Таблица 6.8. Дозы внесения извести на торфяно-болотные почвы, т/га

рН в КСl	Гидролитическая кислотность, мг-экв на 100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Дозы CaCO_3 при объемной массе торфа пахотного слоя, г/см ³	
			до 0,20	более 0,20
Менее 3,00	Более 140	Менее 15	10–12	12–16
3,01–3,90	140–100	15–25	8–10	10–12
3,91–4,30	100–60	25–50	4–6	6–8
4,31–4,70	60–40	50–65	2,5–4	3,5–5
4,71–5,00	40–30	65–75	1–2	2–3
Более 5,0	Менее 30	Более 75	Не нуждаются	Не нуждаются

Известкование вновь осваиваемых земель должно проводиться после строительной планировки поверхности.

Известкование почв уменьшает поступление в растения бора в связи с тем, что бор с известью дает менее растворимые соединения в почве. Внесение извести вызывает усиление микробиологической дея-

тельности в почве, причем микроорганизмы потребляют больше необходимых для них элементов питания растений, в том числе и бора. Это создает недостаток бора для растений.

Учитывая, что свыше 80 % почв республики слабо обеспечены подвижными формами бора, внесение борных удобрений особенно эффективно на почвах, подвергнутых известкованию (табл. 6.9). Бор вносится под следующие сельскохозяйственные культуры: лен, кормовые корнеплоды, семенники клевера и люцерны, зернобобовые, овощные, плодовые и ягодные.

Таблица 6.9. Виды и дозы борных удобрений

Виды борных удобрений	Содержание бора, %	Норма внесения, кг/га
Боросуперфосфат гранулированный	0,2 ± 0,05	200–300
Двойной гранулированный суперфосфат с бором	0,4 ± 0,05	100–150
Борномагниевые удобрения	2,3	25–30

В целях улучшения температурного, водного и питательного режимов торфяно-болотных почв применяются приемы окультуривания, включающие вспашку мелкозалежных торфяников на глубину залежи торфа с припахиванием 5 см минерального грунта, а также добавку до 200–400 м³/га на глубокозалежные торфяники минерального грунта (*пескование*). Добавление песка к вновь освоенной, слабо разложившейся торфяной почве способствует минерализации органического вещества и практически не вызывает ускорения ее в старопашотных, хорошо разложившихся торфяно-болотных почвах. Необходимо следить, чтобы в минеральных добавках отсутствовали вредные для сельскохозяйственных растений закисные соединения.

Обработка почвы в год внесения и в последующие годы проводится путем дискования и фрезерования. При такой обработке достигается равномерное перемешивание добавляемого грунта с торфом.

Одной из основных задач окультуривания почвы является создание глубокого (до 30 см) гумусированного пахотного слоя, обеспечивающего оптимальный питательный режим почвы, а также способствующего быстрому удалению избыточной влаги и созданию ее внутрипочвенного запаса как резерва в засушливые периоды. Такой слой можно создать путем углубления пахотного горизонта. При углублении в пахотный слой вовлекается почвенная масса нижних горизонтов с повышенной кислотностью, низкой биологической активностью, бедных

элементами питания. Поэтому углубление в обязательном порядке должно сопровождаться внесением извести и органических удобрений. Дозы внесения органических удобрений в зависимости от естественного плодородия и гранулометрического состава почвы представлены в табл. 6.10.

Таблица 6.10. Дозы органических удобрений при углублении пахотного слоя

Естественное плодородие почвы	Мощность гумусового горизонта, см	Почвы	Допустимая величина припахивания за один прием, см	Дозы органических удобрений	
				т/см	т/га
Высокое	Более 22	Глинистые,	2–3	5	10–15
		тяжелосуглинистые			
		Среднесуглинистые			
Среднее	17–22	Легкосуглинистые	4–5	4	10–20
		Глинистые,			
		тяжелосуглинистые			
Низкое	Менее 17	Среднесуглинистые	3–4	6	18–24
		Легкосуглинистые			
		Супесчаные			
		Тяжелосуглинистые	2–3	15	30–45
		Среднесуглинистые			
		Легкосуглинистые,			
супесчаные	2–4	10	20–40		
Песчаные					
			3–4	8	24–32

В процессе производства мелиоративно-строительных работ и выполнения культуртехнических мероприятий плодородие мелиорируемых земель ухудшается. Поэтому для восстановления нарушенного плодородия вносятся органические удобрения. Например, после строительства закрытой осушительной сети при высоком естественном плодородии почвы необходимо вносить до 15 т/га органических удобрений, а после создания открытой сети – до 20 т/га и т. д. При выполнении на объекте нескольких видов работ доза органических удобрений рассчитывается по формуле

$$H = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n}{\Pi}, \quad (6.1)$$

где H – норма внесения органических удобрений для восстановления нарушенного плодородия почвы, т/га;

D_1 – доза органических удобрений, связанная с основным видом работ, приводящим к наибольшей потере плодородия, т/га;

$D_2 \dots D_n$ – дозы удобрений для остальных видов работ, т/га;

Π – количество видов работ.

Окультурирование почв продолжается также в процессе сельскохозяйственного использования земель. Оно включает главным образом те же мероприятия, что и в период первичного окультуривания. Эффективность мероприятий возрастает при комплексном выполнении всех необходимых работ. Главными из них являются агромелиоративные мероприятия, система обработки почвы, система применения удобрений, система севооборотов, система защиты растений.

Сроки повторного известкования мелиорированных земель в процессе их сельскохозяйственного использования устанавливаются на основании агрохимического обследования почв и составляют 5–6 лет. Применение борных удобрений наиболее эффективно на известкованных дерново-подзолистых почвах, на карбонатных и торфяно-болотных почвах. Медьсодержащие удобрения применяются на торфяно-болотных почвах с периодичностью 4–5 лет. Углубление пахотного слоя проводится через 1–2 года.

Эксплуатационная планировка является обязательным ежегодным приемом. Торфяно-болотные почвы с добавками минерального грунта путем его припашки из подстиляющего слоя или внесения на поверхность обрабатываются на глубину 12–15 см. Это производится путем дискования или фрезерования с периодическим (через 3–4 года) рыхлением на глубину 30–35 см, что снижает твердость почвы и увеличивает водопроницаемость.

Для окультуривания легких песчаных и супесчаных почв низкого естественного плодородия в процессе использования эффективно применение зеленого удобрения в сочетании с низкосолевым низинным торфом, навозом и минеральными удобрениями. При этом торф дозой 60–100 т/га вносится осенью под зяблевую вспашку совместно с фосфорно-калийными удобрениями под люпин. По люпиновому пару высеивается озимая рожь с внесением необходимых доз минеральных удобрений. После озимой ржи возделывается поживной люпин на зеленое удобрение, которое совместно с минеральными удобрениями и навозом используется под картофель.

6.4. Химическая мелиорация

Химическая мелиорация направлена на регулирование реакции почвенной среды (рН), ее кислотности и щелочности, оструктуривание

почвы и 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 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, реакции среды и качества удобрений. Для внесения извести используют разные технологии с применением разбрасывателей. Помимо извести возможно применение 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 (процент от емкости поглощения) выделяют следующие степени солонцеватости почвы: слабую (до 10 %) и солонцы (более 30 %), в зависимости от которых, в свою очередь, дают оценку почвам по пригодности к земледелию и виду мелиорации.

Почвы со слабой солонцеватостью пригодны для сельскохозяйственного использования без химической мелиорации, при сильной степени солонцеватости необходима химическая мелиорация, которая выполняется 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 химических 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 осуществляется промывка почвы. На первый этап уходит два года. Далее проводится рассолнение почвы под культурой (люцерна, озимая пшеница) за счет промывного режима орошения и окультуривание почвы. На проектную урожайность новые земли выводят в 4–5 лет.

Химические мелиоранты (структоры). 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 структоры. Наиболее широко применяются 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 и других для уменьшения испарения с поверхности почвы и воды. В этом направлении длительное время ведутся поисковые научные исследования.

Фосфоритование почвы. К химической мелиорации иногда относят применение минеральных удобрений – фосфорных, азотных, калийных, магниевых и других, а также 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 пи-

ще тех или иных химических элементов, нарушением 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 многие болезни.

Это направление является весьма перспективным, 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 количество и качество урожая.

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 необходимое 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 ± 5 см, высота подсыпок при планировке не должна превышать 25 см. Оросительную сеть нарезают так, чтобы вода подавалась самостоятельно в каждый чек. Во время промывки полосу шириной 10 м над дренажной оградой валиками и не затапливают водой.

Если минерализованные грунтовые воды залегают на глубине менее критической и их естественный отток недостаточен, а комплекс агротехнических и гидромелиоративных мероприятий по предупреждению засоления и заболачивания почвы не обеспечивает нужного понижения 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 длиной 33 см и диаметром 50–200 мм или из крупнопористого бетона, пористого асфальтобетона и полиэтилена. Трубы укладывают впритык со щелями 0,5–1 мм. Стыки обертывают 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 м и глубиной 20–150 м, входящие в мощный водоносный пласт и 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 равной 2,0–2,5 м, открытых коллекторов – 2,5–3,5 м. Расстояние между дренами принимают равным 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 уровня и уменьшение испарения грунтовой воды.

6.5. Мелиорация рельефа

Мелиорация рельефа – термин условный, хотя входящие в этот вид мелиорации приемы применяются уже на протяжении 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 нашей эры на территории нынешних Нидерландов. Холмы-убежища сооружали высотой 6–12 м. До настоящего времени сохранились 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 Брахмапуты 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 создаются 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 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 прорези в нижней дамбе. Воду отводят через дамбы, а не через дно бассейна.

Кольматаж выполнен на больших площадях в южной части Франции (реки Вара, Изер), в Италии (в районе Тосканы на площади 355 км²), в Англии, по р. Днестр в Центральной Европе, в Колхидской низменности в Грузии (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 гидrome-

ханизации разжиженного грунта. Намыв грунта слоем 2–2,5 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. м³ песка. Подобные работы выполнены в городе Киеве и городе 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.

6.6. 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, так как широко применялись в Германии, Австрии, Польше в XVIII–XIX вв., в России и Беларуси впервые опыты были 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 несущую способность торфа, улучшает проходимость тракторов и сельскохозяйственных машин, снижает кислотность пахотного слоя и содержание вредных для растений закисных соединений и полуторных окислов, активизирует 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 водоподъемной и 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 составов этот прием неэффективен.

Сапропелование почвы. Активные эрозионные процессы, происшедшие в период деградации последнего ледникового покрова, стали основной причиной распространения в Беларуси значительного количества 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 применяются два способа добычи сапропелей: гидромеханизированный и экскаваторно-грейферный. Первый из них является самым дешевым и наиболее распространенным и 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. м³ (75 % сосредоточены в Белорусском Поозерье) и ежегодным приростом 1,8 млн. м³.

Из сапропеля производят ценные гранулированные удобрения-сапрофиты (1 т дает прибавку 30–35 ц/га картофеля). Он широко используется в лечебных, строительных и других важных целях. Например, с 1977 г. на озере Червоное Гомельской области ежегодно заготавливают 25–35 тыс. т сапропеля.

6.7. Мелиорация земель, загрязненных радионуклидами

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. За-

грязнению цезием-137 с плотностью выше 1 Ки/км^2 подверглось более 1,8 млн. га сельскохозяйственных земель, из которых 265 тыс. га были исключены из сельскохозяйственного оборота. Выведены преимущественно земли с плотностью загрязнения цезием-137 свыше 40 Ки/км^2 , стронцием-90 – свыше 3, плутонием – свыше $0,1 \text{ Ки/км}^2$ в связи с превышением предельных дозовых нагрузок на население и сложностью получения сельскохозяйственной продукции с допустимым уровнем загрязнения радионуклидами.

Основное внимание по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы обращено на загрязненные земли, где проживает население. Сельскохозяйственное производство ведется на 1,3 млн. га, загрязненных цезием-137 с плотностью $1\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$, из которых 0,46 млн. га одновременно загрязнены стронцием-90 с плотностью $0,15\text{--}3,0 \text{ Ки/км}^2$. 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 здоровью 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 проведения агротехнических, культуртехнических, агромелиоративных 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 глу-

бину 1,1 м и более полностью ликвидирует внутреннее и внешнее облучение.

При загрязнении радионуклидами пахотного слоя понижение уровня грунтовых вод (УГВ) 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 трех раз, а осушение до оптимальной влажности – к уменьшению до трех 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 два-четыре раза.

6.8. Особые виды мелиораций

Кроме вышеупомянутых различают также:

– *снежную мелиорацию*, позволяющую улучшать водный и тепловой режимы почв путем снегозадержания и снегонакопления (посадка полезавитных 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* (мероприятия по изменению микроклимата путем 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 сред-

ствами 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.

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 с разной 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. Этот слой торфа может быть бесплодным из-за отсутствия форм азота, доступных для растений. Задача рекультивации торфяных земель – превратить остаточный слой торфа в плодородную почву.

Лучшим использованием выработанных торфяников является 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 на нем слое торфа более 0,3 м его отводят под лесонасаждения, а менее 0,15 м – под водоемы.

В повышении плодородия выработанных торфяников значение 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 проведения мероприятий по освоению выработанных торфяных месторождений и сельскохозяйственного их использования устанавливаются на основе определения общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений в мелиорацию и освоение земель и экологического обоснования.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите задачи и виды культуртехнических мелиораций.
2. Охарактеризуйте способы удаления древесно-кустарниковой растительности.
4. Как производится уборка камней?
5. Какие виды работ необходимо выполнить при первичной обработке почвы?
6. Что включает окультуривание почвы?
7. Дайте характеристику химическим, структурным и землеустроительным мелиорациям.

7. МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

7.1. Понятие об охране окружающей среды

Экологическая ситуация в Республике Беларусь является результатом взаимодействия техногенных воздействий и природных факторов. Негативное воздействие на состояние окружающей среды оказывают, прежде всего, предприятия промышленности и энергетики, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство и сельскохозяйственная деятельность.

Сохранение и обеспечение стабильности биосферы, ее целостности, оздоровление среды обитания являются неотъемлемым условием качества жизни. Это нашло отражение в стратегии «Наука и технологии 2018–2040», принятой на II съезде ученых Беларуси в декабре 2017 г., согласно которой определены перспективные направления и области экологии и рационального природопользования.

В соответствии с концепцией устойчивого развития современное сельскохозяйственное производство Республики Беларусь ориентировано на получение экономически и экологически обоснованного объема продукции.

Наиболее актуальной экологической проблемой Беларуси является радиоактивное загрязнение окружающей среды в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Зона распространения радионуклидов охватывает 14,5 % общей площади страны. В ее пределах проживает примерно седьмая часть населения Беларуси, поэтому получение в этих условиях безопасной сельскохозяйственной продукции является важной задачей сельскохозяйственной экологии.

Ряд природоохранных проблем вызван деградацией природных ресурсов, которая проявляется преимущественно через негативные изменения природных комплексов в зонах влияния крупномасштабной осушительной мелиорации, эрозию минеральных и разрушение торфяных почв.

Из всех видов деградации земель, характерных для Беларуси, на сельскохозяйственных угодьях наиболее выражена водная и ветровая эрозия. Актуальной для земледелия республики продолжает оставаться проблема сохранения гумуса.

Сложившаяся экологическая ситуация в республике снижает качественный уровень жизни населения и ограничивает возможности развития экономики. Экологическая обстановка требует разработки средств контроля за состоянием окружающей среды и технологий, обеспечивающих снижение техногенных нагрузок.

Окружающая среда – это среда обитания и производственной деятельности людей. Под данным термином обычно понимается природная среда, окружающая человека. Окружающую человека среду можно представить как состоящую из четырех неразрывно взаимосвязанных подсистем:

- собственно природной среды;
- квазиприродной, т. е. модифицированной человеком природной среды;
- искусственной, или артеприродной, среды;
- социальной среды.

Собственно природная среда – это факторы и условия существования человека чисто естественного происхождения. Факторы – материальные, энергетические и информационные компоненты, обеспечивающие жизнь. Условия – обстоятельства, в которых развивается жизнь.

Факторы и условия обладают свойствами самоподдержания и саморегуляции без постоянного вмешательства человека.

Квазиприродная среда – пахотные или иные преобразованные человеком угодья (например, мелиорированные). Сюда же относятся внедренные в природную среду культурные растения и домашние животные, грунтовые дороги, внешнее пространство населенных мест, зеленые насаждения (сады, парки, газоны, бульвары), водохранилища на реках, каналы в земляном русле. Эти элементы имеют природное происхождение, но являются инородными для конкретных природных объектов. Они не обладают системным самоподдержанием. Их длительное существование возможно только при поддержке человеком.

Артеприродная среда – весь искусственный мир, созданный человеком в основном для удовлетворения своих потребностей, вещество-энергетически не имеющий аналогов в естественной природе, чуждый ей и разрушающийся без непрерывного обновления. К ней относятся здания, сооружения, дороги с твердым покрытием, трубопроводы, бетонированные каналы, искусственные водоемы (бассейны) и т. п. Для их создания человек очень часто использует или преобразованные вещества, или полностью искусственные, не существующие в природе. Эти вещества с трудом входят в естественные геохимические циклы, возникает проблема с их хранением после использования.

Социальная среда – культурно-психологический, информационный, политический климат, создаваемый для личности, социальных групп и человечества в целом самими людьми и слагающийся из влияния людей как социально-биологических существ друг на друга в коллективах с помощью средств материального, энергетического и информационного воздействия. Социальная среда интегрируется с природной, квазиприродной и артеприродной средами, формируя качество среды обитания.

Охрана природы – это разработка и осуществление комплекса мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов. Перечисленные 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 природопользования, как сельскохозяйственное производство. Под влиянием сельскохозяйственного производства изменяются почвы, расти-

тельность, животный мир, гидрографические особенности местности, качество атмосферного воздуха и воды. Эти изменения оказывают определенное воздействие на народное хозяйство, здоровье людей. Поэтому комплексная охрана природы в зоне ведения сельского хозяйства исторически необходима.

Проводимая мелиорация земель не должна противоречить основным принципам государственной политики в области охраны окружающей среды в Республике Беларусь, основными 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.

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 изменений 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 надо стремиться ис-

пользовать 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 необходимы прогноз всех возможных последствий изменения в природной обстановке и обязательное планирование конкретных природоохранных мероприятий, исключающих отрицательное воздействие на окружающую среду.

7.2. Принципы использования мелиорируемых земель

Мелиорация земель как вид природообустройства не должна противоречить принципам рационального природопользования, которые заключаются в следующем.

Принцип целостности природных объектов. Объектом природопользования и природообустройства должен быть не отдельный ресурс или компонент природы (поверхностные или подземные воды, почва, растение) и не произвольно выбранная территория (поле севооборота, земли отдельного хозяйства), а геосистема, занятая переустраиваемыми землями и включающая взаимообусловленный набор компонентов природы, развивающихся как единое целое. Такой подход позволяет объективно вычленять территорию, наиболее полно учесть все связи между компонентами природы, их взаимовлияние, отследить дальнейшие экологические последствия.

Принцип сбалансированности хозяйственной деятельности на обустроенной территории с ресурсными и экологическими возможностями природных систем (например, выращивание сельскохозяйственных культур, наиболее соответствующих местным климатическим ресурсам, применение соответствующих систем земледелия, использование технологий природопользования, наиболее органично вписывающихся в функционирование природных систем). Благодаря этому принципу достигается уменьшение нужды в обустройстве природы, следовательно, вмешательство в природу будет меньше, а пользование ресурсом – дешевле.

Принцип природных аналогий – это применение направлений и технологий, которые по возможности воспроизводят естественные процессы функционирования компонентов природы. Например, если чер-

ноземные почвы исторически сформировались при увлажнении ливневыми дождями, то и полив их должен быть в виде искусственного дождя; если естественный отток избыточной воды с территории обычно происходит в виде комбинации поверхностного и подземного стока, то и искусственный дренаж территории должен сочетать оба этих способа.

Принцип необходимого разнообразия. Квазиприродная система, создаваемая человеком, должна быть максимально разнообразной по своему составу. Например, если гидромелиоративная система, создана человеком для управления водным режимом почвы, она должна быть настолько разнообразна, насколько разнообразны условия формирования водного режима в разных частях конкретной геосистемы (разные типы водного питания при осушении, разная потребность в орошении).

Принцип адекватности воздействий. Управление квазиприродными системами необходимо строить на основе прямых и обратных связей, т. е. оборудовать их средствами получения и обработки информации о состоянии природных систем (о развитии культивируемых растений, состоянии почвы, ее влажности, количестве доступных элементов питания; об осадках, испарении, притоке воды к водохранилищу, о водозаборе при регулировании стока и т. п.).

Принцип предсказуемости. Природопользование и природообустройство должны опираться как на достоверные количественные долгосрочные прогнозы изменения функционирования природных систем под действием управляющих воздействий, так и на прогнозы изменения экономической и социальной обстановки.

Принцип одновременной эффективности и безопасности. Эффективность может быть экономической – как результативность обустройства природы и последующего природопользования, соотношения между результатами хозяйственной деятельности и затратами труда.

Экологическая эффективность измеряется качеством среды жизни человека и биоты в целом, устойчивостью среды жизни. Природопользование и природообустройство не должны наносить вред человеку и окружающей среде, в противном случае негативные последствия должны быть компенсированы или устранены.

Принцип комплексности природообустройства и природопользования. Гораздо эффективней всестороннее использование природного объекта, всех его полезностей. Например, рек – для водоснабжения, энергетики, судоходства, рыборазведения, отдыха, приема очищенных

сточных вод или лесов с глубокой переработкой всей древесины, или полезных ископаемых с полным извлечением всех полезных веществ.

Принцип интеграции знаний. Природопользование и природообустройство должны иметь собственную научную базу, которая использует знания наук о природе, социально-экономических наук и прикладных наук, обосновывающих инженерно-технические мероприятия.

Освоение мелиорированных земель – это 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 положениями:

- 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;

- торфянисто- 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 возможным лишь в системе правильных почвозащитных зернотравяных севооборотов.

Таким образом, национальная стратегия использования 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 севооборота 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

$$t = - \frac{\ln \left(1 - \frac{H - H_{\min}}{AH_0} \right) + a(z+c)}{b(z+c)}, \quad (7.1)$$

где H_{\min} – минимальная мощность торфа, ниже которой он прекращает существовать как разновидность почвы;

H_0 – начальная мощность слоя торфа, м;

A – коэффициент плотности торфа;

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 исключить из пахотных и использовать только под кормовые угодья длительного пользования, проводить их залужение влаголюбивыми культурами.

Особая роль в повышении продуктивности животноводства принадлежат культурным пастбищам. Для их создания 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 севооборот 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.

7.3. Эрозия почвы и противоэрозионные мероприятия

Под *эрозией* (от латинского «разъедать») понимают разрушение и смыв почвы 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 $0,5-2^\circ$, если почва не покрыта растительностью. Различают два вида водной эрозии:

- поверхностную (плоскостную);
- 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 южной зоне (Белорусское Полесье) в наибольшей степени распространена ветровая эрозия (дефляция).

В Республике Беларусь 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 колеблются 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 с 1 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 гумуса, 8–10 кг/га 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 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 включают мероприятия по организации 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 это не вызывало эрозии почв. План размещения защитных насаждений и сооружений должен быть составной частью комплексного плана внутрихозяйственного землеустройства.

Основу *агротехнических мероприятий* 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^3 воды на каждом гектаре и увеличивает урожайность зерновых на $0,2 \text{ т/га}$. 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 $6-8^\circ$ ширину таких полос принимают равной 4–6 м, расстояние между полосами – 30–40 м, при крутизне $10-12^\circ$ ширину полос назначают равной 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, задерживается большее количество воды 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 – это *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 проведения.

Для борьбы с плоскостной и линейной водной эрозией почв создают гребневые, ступенчатые и траншейные террасы; устраивают водоудерживающие и водоотводные валы, распылители 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, выравнивают промоины; строят противоселевые и берегоукрепленные сооружения.

Террасы. Террасирование крутых склонов – эффективное противоэрозионное мероприятие, так как валы-террасы, расчлняя склон на отдельные узкие площадки, задерживают поверхностный сток практически в месте его образования, способствуя увлажнению земель, или

отводят его на задернелые склоны, безопасные в эрозионном отношении.

Различают террасы гребневые, или, как еще их называют, валы-террасы, или 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 $3-6,5$ м (рис. 7.1).

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 (быстротоки, перепады, консольные сбросы).

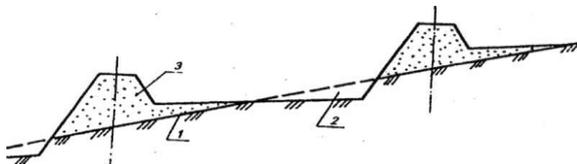


Рис. 7.1. Ступенчатая терраса:
1 – первоначальная поверхность склона; 2 – часть срезанного склона; 3 – насыпанная часть террасы с валом

Распылители стока – это простейшие земляные сооружения, которые создают в местах опасной концентрации водного потока для его рассредоточения. Их делают 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 зем-

ляным валиком высотой 0,3–0,5 м и длиной 10–40 м, расположенным под углом примерно 45° к потоку. Продольный уклон канавы на пахотных землях принимают равным 0,005 – 0,010. Распылители располагают по длине ложбины через 50–100 м.

Водоотводные (водонаправляющие) валы-канавы перехватывают сток и направляют его к водосбросным или водозадерживающим сооружениям. Их трассируют с небольшими продольными уклонами (0,003–0,005). В поперечном сечении валы-канавы делают треугольного или трапециевидного профиля с заложением откосов на пахотных землях 1:5–1:8, проходимыми для почвообрабатывающих агрегатов (рис. 7.2).

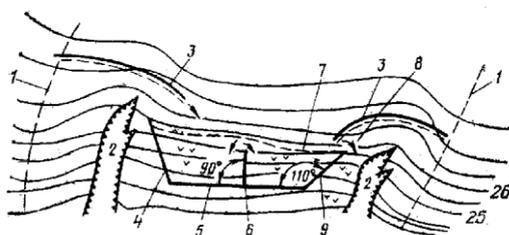


Рис. 7.2. План размещения водозадерживающих валов:
 1 – водораздельные линии; 2 – овраги; 3 – водонаправляющие валы-канавы; 4 – глухие шпоры; 4 – открытые шпоры;
 5 – водозадерживающие валы; 6 – перемычки; 7 – урезы воды;
 8 – водообход; 9 – открытая (водосливая) шпора

Зона овражно-балочных образований и прилегающих к ним территорий, подвергаемых водным эрозионным процессам, составляет овражно-балочную систему (ОБС).

Мелиоративно-хозяйственные мероприятия на ОБС включают следующие виды работ: заравниваемые промоины, неровностей и мелких оврагов глубиной до 1,5–2 м с последующим залужением; выполаживание оврагов; устройство водозадерживающих и водоотводящих валов, дамб-перемычек, донных запруд и других; отсыпка несформированных (неустойчивых) откосов; создание берегоукрепляющих лесных полос, залужение берегов и донных участков балок; закрепление береговых и донных отложений лесокустарниковой растительностью; сооружение водоемов и создание рекреационных зон.

7.4. Природоохранные мероприятия в условиях мелиорации

Охрана земель. Поскольку почвы являются важным природным богатством, при мелиорации земель необходимо предусматривать меры по их охране. При проектировании мелиоративных систем следует стремиться к сокращению земельных угодий, отводимых под строительство. Для этого необходимо строго соблюдать требования по проектированию элементов осушительных и осушительно-увлажнительных систем, сооружений, предусматривая их многоцелевое использование. Например, внутрихозяйственные дороги совмещают с эксплуатационными, размещая их вдоль каналов, по границам севооборотных участков, не допуская мелких контуров.

При устройстве осушительной и другой сети необходимо предотвращать выход на поверхность малопродуктивных подпочвенных горизонтов, ухудшающих водно-физические и агрохимические свойства почвогрунтов, нежелательное изменение водно-воздушного, теплового и солевого режимов земель, развитие эрозионных процессов. Для этого в целях сохранения плодородия почв при строительстве мелиоративных систем предусматривают соответствующие мероприятия.

При возведении линейно-протяженных сооружений (кроме дренажных траншей), в местах разработки резервов, оснований плотин и дамб проводят срезку растительного (гумусового) слоя с перемещением его во временные отвалы, располагаемые вне пределов постоянных сооружений. После возведения сооружений гумусную почву разравнивают по площади строительства. После окончания строительных работ проводят мероприятия по первичному окультуриванию почв с целью восстановления их плодородия.

Особое внимание при мелиорации земель необходимо уделять охране торфяно-болотных почв. Задача сводится к тому, чтобы на этих почвах можно было бы получать максимум растениеводческой продукции при минимальном количестве минерализуемого за год торфа на основе эффективных приемов и методов сдерживания процессов минерализации.

Одним из путей воздействия на интенсивность разложения органического вещества торфа является степень осушения. Изменение увлажненности торфа влечет за собой изменение концентрации кислорода, что в свою очередь сказывается на деятельности микроорганизмов.

Глубокое осушение торфяной залежи, улучшая аэрацию, способствует активизации микробиологических процессов и быстрейшему разложению торфа. При глубине грунтовых вод 150 см интенсивность разложения органического вещества достигает 15,9 т/га. С уменьшением глубины грунтовых вод интенсивность разложения органического вещества существенно сокращается. При поддержании грунтовых вод на глубине 70 см интенсивность разложения органического вещества сокращается в 7,2 раза и составляет 2,2 т/га. Поэтому в целях продления долговечности торфяно-болотных почв уровни грунтовых вод должны поддерживаться на минимальных отметках.

Ранее было указано, что на интенсивность разложения органического вещества торфа влияет характер сельскохозяйственного использования. Так, многолетние травы являются одним из эффективных биологических регуляторов интенсивности минерализации органического вещества. К тому же многолетние травы надежно защищают торф от ветровой эрозии и пожаров.

Важная роль в сохранении торфяников принадлежит организации специальных противопожарных и противоэрозионных мероприятий, которые необходимо предусматривать уже на стадии проектирования. Одной из мер сохранения торфа является консервация мелкозалежных торфяников путем запашки специальными плугами с последующим созданием на их поверхности пахотного слоя из подстилающей минеральной породы.

В связи с широким использованием торфа на топливо, в химической промышленности, а также для добычи торфокрошки постоянно возрастают площади выработанных торфяников. На тех площадях, где проводится выработка торфяника, после ее завершения необходима рекультивация.

Охрана вод. Мелиорация избыточно увлажненных земель влияет на водный режим водосборов. Поэтому при разработке мелиоративных проектов предусматривают приемы снижения влияния на природную среду.

Главными нежелательными последствиями при осушении земель являются загрязнение вод как внутри мелиорируемого массива, так и за его пределами вследствие поступления загрязненной воды в водоприемники из магистральной сети; влияние осушения на уровни грунтовых вод прилегающих территорий; влияние изменения водного

режима почв на изменение их водно-физических, агрохимических и других свойств; изменения условий обитания животного мира.

Для биологической очистки дренажного и поверхностного стока мелиоративных систем от загрязнения могут быть использованы водные растения. Для этого на стадии проектирования предусматривают меры по сохранению или искусственному размножению высших водных растений (роголистник, рдеста, ряска, кувшинка белая, аир болотный, камыш озерный, рогоз широколистный и узколистный, тростник обыкновенный и др.). В период вегетации и накопления биомассы такие растения разлагают органические и минеральные вещества и химические загрязнения. При этом они выделяют кислород, стимулируют процессы минерализации и биохимического окисления загрязнителей. Высшие водные растения устойчивы к влиянию нефтепродуктов с концентрацией до 10 мг/л, а при концентрации до 1 мг/л нефтепродукты оказывают стимулирующее действие на развитие этих растений.

Биологическая очистка поверхностных вод при помощи высших водных растений может осуществляться путем сохранения их в пойменных озерах и старицах, создания зарослей в мелководной зоне прудов и водохранилищ, на путях поступления воды из магистральных каналов в водохранилища и при сбросе воды из водохранилищ в водоприемники. Такие мероприятия проводят также в прудах-накопителях водооборотных систем для орошения сточными водами.

Выращивание водных растений в водотоках и водоемах должно сопровождаться контролем за их размножением и распространением. Не реже одного раза в два года растительная масса удаляется, чтобы избежать вторичного загрязнения водных объектов при разложении растительных остатков. Изъятая из водоема растительность может использоваться на корм домашним животным с контролем остаточного содержания биогенных веществ и ядохимикатов. Для предотвращения зарастания водоемов разводят растительноядных рыб – белого амура, белого и пестрого толстолобика.

В качестве одного из важнейших водоохраных мероприятий для предотвращения загрязнения, засорения и истощения водотоков и водоемов предусматривают водоохраные зоны и прибрежные полосы, размеры которых принимаются в зависимости от размеров водоемов в соответствии с действующими нормативами.

Особое внимание уделяется водоохраным мероприятиям в поймах малых рек, которые наиболее чувствительны к хозяйственной

деятельности человека. В верховьях таких рек ограничивается, а в отдельных случаях запрещается всякая хозяйственная деятельность (мелиоративное строительство, торфоразработки, рубки леса, уничтожение кустарника).

Сводка леса в поймах малых рек для сельскохозяйственного использования земель допускается в исключительных случаях, – только в порядке выравнивания контуров сельскохозяйственных угодий по согласованию с органами хозяйствования и охраны природы. Запрещается осушать верховые болота для последующего использования в качестве лесных и сельскохозяйственных угодий.

Существенно ограничивается регулирование русел малых рек без специальных согласований и обоснований в случаях, когда ширина поймы не превышает 300 м, на территориях и в охранных зонах государственных заповедников и заказников. Такие ограничения распространяются также на реки, в водосборе которых произрастают охраняемые растения.

Регулирования малых рек избегают вблизи населенных пунктов и на участках, используемых для отдыха населения. Поэтому при проектировании мелиоративных систем в обязательном порядке должны быть рассмотрены варианты возможного использования в качестве водоприемника малых рек в естественном состоянии. Такими вариантами могут быть польдерные системы с механическим водоотводом, строительство русловых водохранилищ для регулирования стока, сброс вод из магистральных осушительных каналов ниже осушаемого массива на расстоянии, обеспечивающем минимально допустимые уклоны, глубины и бесподпорную работу осушительной сети.

Санитарный бытовой расход в реках с незарегулированным стоком после забора воды всеми потребителями должен составлять не менее 75 % минимального среднемесячного расхода 95%-й обеспеченности.

Если прибегают к регулированию рек-водоприемников, руководствуются следующими обстоятельствами. Прямые длинные участки нового русла не проектируют. Трассу его предусматривают с использованием естественных отрезков русла. При создании нового водоприемника сохраняют отдельные омуты, нерестилища и зимовальные ямы для рыб, места для отдыха и купания.

При проектировании осушения земель следует избегать использования озер в качестве водоприемников осушительных систем. Водосбросные каналы трассируют в обход озер, предусматривая при

этом меры, исключают понижение уровней воды в таких водоемах. Для этого обеспечивают подпитку озер во время паводков или устраивают каналы на расстоянии, исключающем фильтрационные потери воды.

Как известно, создание осушительных систем сопровождается понижением уровня грунтовых вод не только в пределах осушаемого массива, но также и на прилегающих территориях. В таких условиях возможно снижение уровней воды в колодцах населенных пунктов, прилегающих к объекту осушения. Изменение водного режима изменяет естественные границы ареалов растений, сокращая места их обитания, а также снижает продуктивность ягодников и некоторых категорий лесов, создает благоприятные условия для развития ветровой эрозии.

Расчет ширины зоны влияния осушительной системы на уровень грунтовых вод прилегающих территорий можно производить по формуле К. Г. Асатура

$$L = \sqrt{\frac{2\pi K h t}{\delta}}, \quad (7.2)$$

где L – ширина зоны влияния, м;

K – коэффициент фильтрации водоносного слоя, м/сут;

h – средняя мощность водоносного слоя, м;

t – время с начала осушения, сут;

δ – коэффициент водоотдачи грунта водоносного слоя, доли единицы.

Для предотвращения недопустимого понижения уровня грунтовых вод на прилегающих к осушаемому массиву территориях с учетом экономической целесообразности проектируют осушительно-увлажнительные системы. Они позволяют регулировать уровни грунтовых вод в диапазоне, обеспечивающем благоприятные условия возделывания сельскохозяйственных культур. Оперативное регулирование уровней грунтовых вод предупреждает чрезмерное снижение их вне осушаемого объекта. Более того, поддержание уровня грунтовых вод в соответствии с требованиями растений на торфяных почвах снижает интенсивность их сработки и обеспечивает возможность оперативной борьбы с пожарами на торфяниках.

Важным водоохраным мероприятием является создание водооборотных осушительно-увлажнительных и осушительно-оросительных систем, в которых аккумулируемый поверхностный и

дренажный сток повторно используется для увлажнения мелиорируемых земель. Повторное использование воды повышает эффективность использования минеральных удобрений и предотвращает загрязнение водных источников биогенными веществами, ядохимикатами и другими загрязнителями.

7.5. Инженерно-технические мероприятия по охране вод при орошении сточными водами

В условиях Беларуси использование жидкой фракции стоков на орошение осуществляется в основном на землях, осушенных гончарным дренажем, основным назначением которого является отвод избыточных вод. Наличие осушительной сети позволяет одновременно осуществлять перехват загрязненного дренажного стока с аккумулярованием его в пруде-накопителе.

В силу того что дренажный сток, как правило, загрязнен аммонием и другими соединениями, сброс его в открытые водоемы недопустим.

В этой связи в КУСХП «Северный» Городокского района Витебской области созданы биоинженерные сооружения (рис. 7.3). Дочистка загрязненных вод происходит в результате их фильтрации через почву (в дне пруда первой ступени очистки заложен дренаж), а также за счет высшей водной растительности (рогоз, камыш) произрастающей преимущественно во втором пруде. Очищенная вода из второго пруда сбрасывается в водоприемник (р. Кабищанка) или в случае необходимости направляется на доочистку в биоканал, длина которого составляет 300 м. В его ложе также произрастает рогоз. Конструкция сооружения позволяет сбрасывать воду после любой ступени очистки. Такие сооружения обеспечивают высокий водоохраный эффект. В них степень доочистки составляет по азоту аммонийному около 85–95 %, фосфору – 60–80 %, БПК₅ от 86 до 95 % (Г. П. Щитников и др., 2005; П. Ф. Тиво и др., 2006).

Для улучшения впитывающей способности суглинистых почв необходимо перед залужением участка проводить разуплотнение подпахотного слоя, кротование и после залужения по мере надобности – щелевание. Для этой цели, как показывают исследования, проведенные в БГСХА, можно использовать также специальный водоналивной каток, по окружности которого шарнирно установлены зубья. С их помощью в дернине трав делаются вертикальные проколы диаметром 16–20 мм, где в процессе дождевания и задерживается поливная жидкость.

Для предотвращения просачивания биогенных элементов в нижележащие горизонты объем жидкой фракции стоков, вносимой за один прием, не должен превышать величину водоудерживающей способности корнеобитаемого слоя почвы.

Для доочистки возвратных вод (дренажного и поверхностного стока) можно использовать также полив напуском по склону, устроенному на связных почвах (В. И. Желязко, 2003). Первый вариант (рис. 7.4) конструктивно выполняется на склоне, засеянном травой, и содержит ороситель, представляющий собой, например, перфорированный трубопровод, уложенный поверх слоя водопоглощающего материала в траншею (или борозду), нижняя часть которой соединена с дневной поверхностью склона кротовинами.

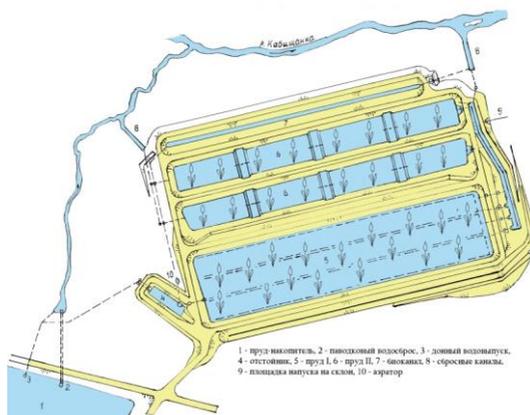


Рис. 7.3. Схема биоинженерных сооружений

Работа на сельскохозяйственном поле осуществляется следующим образом. Очищаемая жидкость подается в ороситель, из которого она фильтруется через водопоглощающий материал траншеи, проходит предварительную очистку от взвешенных частиц и попадает в кротовины. Последние закладываются с уклоном, обеспечивающим незаилающие и неразмывающие скорости движения воды в них. Протекая по кротовинам, загрязненная вода взаимодействует с почвой и выходит по ним на поверхность склона. Затем она перехватывается траншеей с водопоглощающим материалом и процесс повторяется, что в конечном итоге обеспечивает доочистку стоков.

Второй вариант земельного поля орошения также располагается на склоне, засеянном травой. Поперек данного склона выполнены пористые засеваемые валики из смеси равных частей торфа, песка и растительной массы (рис. 7.4). Для обеспечения почвенной очистки поверхность склона разрыхлена на глубину перегнойного горизонта, а подстилающий слой уплотнен. Очистка загрязненного поверхностного стока происходит в результате фильтрации его через пористые валики, а также перемещения по разрыхленному перегнойному горизонту и поверхности почвы.

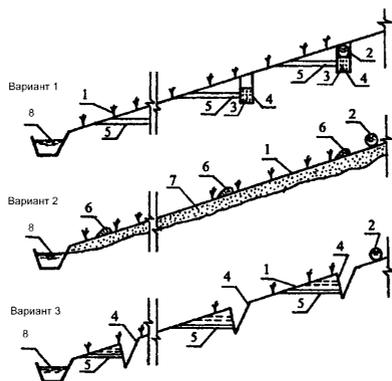


Рис. 7.4. Земледельческие поля орошения для доочистки возвратных вод:

- 1 – засеянный склон; 2 – ороситель;
 3 – водопоглощающий материал; 4 – траншея (борозда);
 5 – кротовина; 6 – пористые валики; 7 – разрыхленный слой;
 8 – перехватывающая (водосборная) канава

Особенностью третьего варианта является наличие на засеянном склоне кротовин. Их выполняют в несколько ярусов таким образом, чтобы они соединяли поверхность склона с перехватывающими траншеями, располагающимися поперек склона. Причем кротовины устроены с различным уклоном. В верхней части склона кротовины нижнего яруса выполнены с положительным уклоном, среднего – с нулевым, а верхнего – с отрицательным. В нижней части склона все кротовины имеют отрицательный уклон. Здесь может очищаться жидкость, загрязненная большим количеством взвешенных веществ, после этого она попадает в перехватывающую канаву, расположенную в нижней части склона, а из нее – на орошение, технические цели

или на сброс. После заиления всех кротовин и перехватывающих траншей поле перепахивается и используется для выращивания сельскохозяйственных культур.

В плане траншеи выполняются поперек склона приблизительно параллельно его горизонталям. Число ярусов траншей принимают в зависимости от требуемой степени очистки (не менее 2–3). Допустимые уклоны поверхности должны составлять 0,20–0,04, оптимальная глубина траншей – 0,6–1,0 м.

Кротовины выполняются перпендикулярно траншеи (при больших уклонах поверхности с целью увеличения длины кротовины допускается закладывать их под углом к траншеям). Расстояние между кротовинами должно быть 1–1,5 м. Они должны соединять нижнюю часть траншеи с дневной поверхностью склона, причем уклон их принимают в пределах 0,002–0,005. Расстояние между траншеями определяется из соотношения

$$B = t(i_1 - i_2)l, \quad (7.3)$$

где B – расстояние между траншеями, м;

t – глубина траншей, м;

i_1 – уклон поверхности склона;

i_2 – уклон дна кротовин;

l – технологический запас на аэрацию стоков и очистку их растениями, который принимается в пределах 10–15 м.

Ориентировочные параметры поливного участка приведены в табл. 7.1. В ней указана длина склона, необходимая для наибольшей очистки стоков (применительно к возвратным водам допустимо ее уменьшение в 1,5–2 раза).

Таблица 7.1. **Параметры поливного участка сельскохозяйственного поля орошения для очистки сточных и доочистки возвратных вод (первый вариант)**

Уклон поверхности склона	Средняя длина кротовин, м	Расстояние между траншеями, м	Требуемая длина склона, м
0,2	5	16–20	80
0,15	7	18–22	75
0,1	10	19–23	70
0,08	12	20–24	65
0,06	18	23–27	60
0,04	26	29–33	60

В качестве водопоглощающего материала можно использовать торф и солому (или пожнивные остатки). Причем первая траншея за-

полняется соломой до распределительного трубопровода оросителя, который укладывают поверх соломы так, чтобы расстояние от его верха до дневной поверхности склона составляло 0,2–0,3 м.

Поверх распределительного трубопровода укладывается солома слоем 0,05–0,10 м и торф слоем 0,1–0,2 м. Траншеи остальных ярусов заполняются соломой слоем 0,4 м, а затем торфом до дневной поверхности склона.

В состав поливного участка, выполненного по второму варианту, входит засеянный травой склон, переговой горизонт которого разрушен перед посевом трав. На поверхности склона выполнены засеваемые валики из смеси торфа, песка и растительной массы.

В плане валики выполняются поперек склона приблизительно параллельно его горизонталям. Число валиков принимается в зависимости от требуемой степени очистки (не менее 3–5). Они выполняются высотой 0,15–0,25 м с коэффициентом заложения откосов $m \geq 5$ и засеваются травосмесью с нормой высева, увеличенной в 1,5–2 раза. Первый валик от трубопровода представляет собой смесь крупнозернистого песка и торфа в соотношении 1:1, второй – в соотношении 1:2, третий и последующие валики – в соотношении 1:3, а последний – соответственно 2:1.

В зависимости от уклона поверхности ориентировочно параметры поливного участка можно принять по табл. 7.2.

Таблица 7.2. **Параметры поливного участка земельного поля орошения для очистки сточных и доочистки возвратных вод (второй вариант)**

Уклон поверхности склона	Расстояние между траншеями, м	Требуемая длина склона, м
0,02	8–12	30
0,04	8–12	50
0,06	8–12	75
0,08	6–10	100
0,10	6–10	130

Примечание. Для доочистки возвратных вод допустимо уменьшение длины склона в 1,6–2 раза.

Участки для устройства данной системы выбираются на слабопроницаемых почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава, имеющих достаточную защищенность подземных вод от загрязнения. Суточная нагрузка стоков на 1 га площади поливного участка зависит от природных условий и состава стоков и обычно составляет около 500 м³/га в сутки.

При подготовке участка производят планировку, уборку камней и другие работы по поверхностному улучшению. Для создания плотного травяного покрова норма высева семян увеличивается также в 1,5–2 раза. В состав многолетних злаковых трав следует включать канареечник, мятлик луговой и другие влаголюбивые травы.

Эффективность очистки на этих полях очень высокая. В частности, БПК₅ снижается на 95 %, происходит практически полная очистка от взвешенных веществ.

Исследования, проведенные на специализированных оросительных системах, показывают, что в большинстве случаев почвенно-биологическая очистка загрязненных сточных вод недостаточна. Возвратный сток загрязняется, поэтому необходимо предусмотреть его доочистку, так как весь его объем повторно использовать на полив не всегда удается.

Возможно применение нескольких вариантов.

Пруды-накопители, из которых предусмотрены сбросы воды в водоприемник, могут иметь конструкцию, обеспечивающую доочистку поступающих в них вод (рис. 7.5).

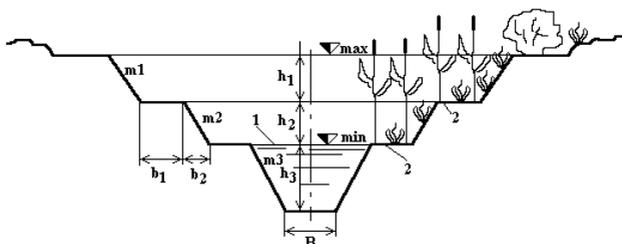


Рис. 7.5. Пруд-накопитель:
1 – минимальный уровень воды;
2 – площадки для высшей водной растительности

В этом случае целесообразно строительство каскада мелководных прудов, обеспечивающих оптимальные условия перемешивания воды и развития гидробионтов, способствующих самоочистительной способности прудов. Причем при перетекании воды из верхних прудов в нижние вода должна аэрироваться, чего можно достичь применением специальных водосливов. Возможна дополнительная аэрация воды в прудах с помощью специальных приспособлений [383].

Большой водоохраный эффект дает применение специальных отстойников, которые могут также выполнять функции прудов-

накопителей. Для улучшения условий очистки воды в таких отстойниках желательно культивировать высшую водную растительность (ВВР, макрофиты), обладающую высокой поглотительной способностью относительно биогенных элементов, соединений тяжелых металлов и других загрязнителей. В частности, в 1 кг воздушно-сухой массы тростника обыкновенного накапливается 20–26 г азота, 10–20 г фосфора, 10–30 г калия. Учитывая то, что ВВР нормально развиваются при определенных (различных для каждого вида макрофитов) уровнях воды, их культивируют на специальных мелководных участках или бермах.

Доочистку возвратных вод можно выполнять и в процессе транспортировки их по проводящей сети. Для этой цели можно применять специальные биомелиоративные каналы. Схематично конструкция канала приведена на рис. 7.6.

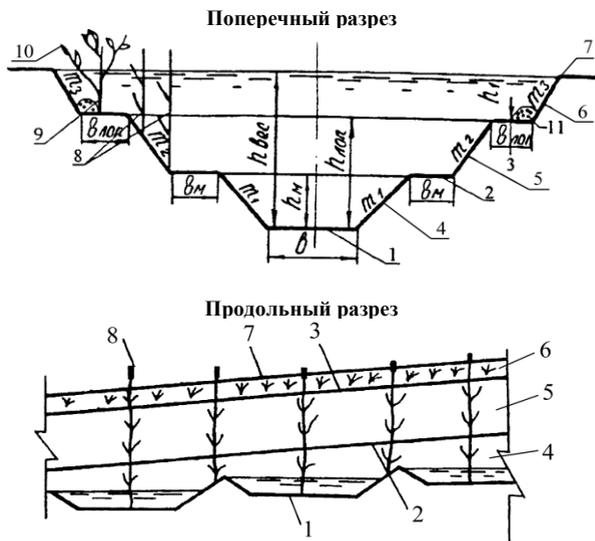


Рис. 7.6. Конструкция биоканала:

- 1 – дно; 2 – нижняя берма; 3 – верхняя берма; 4, 5 – откосы;
- 6 – бровка; 7, 8, 9, 10 – высшие водные растения; 11 – валик;
- 12 – уровень воды при пропуске $Q_{\text{быт}}$; 13 – уровень воды при пропуске $Q_{\text{лот}}$;
- 14 – максимальный расчетный уровень воды; b – ширина биоканала по дну;
- $b_{\text{м}}$ – ширина бермы при пропуске бытовых расходов ($Q_{\text{быт}}$);
- $b_{\text{лот}}$ – ширина бермы при пропуске летне-осенних дождевых паводков;
- $h_{\text{м}}$ – уровень в бытовой период; $h_{\text{лот}}$ – уровень воды при пропуске летне-осенних дождевых паводков; $h_{\text{вес}}$ – уровень воды при пропуске весеннего половодья; m_1, m_2, m_3 – коэффициенты заложения откосов

Конструкции этого типа совмещают функции водосбросной сети и очистных сооружений, что значительно упрощает процесс доочистки возвратных вод. Однако применение для этих целей каналов общепринятого поперечного сечения связано с определенными трудностями. Это вызвано тем, что водосбросные каналы обычно выполняют функции магистральных и нагорных, что обуславливает резкое изменение расхода, а следовательно, уровней и скоростей движения воды в них в различные сезоны года.

Наиболее эффективно очистка и доочистка сточных вод с помощью ВВР происходит при минимальных скоростях их движения. С другой стороны, нормальное развитие ВВР обеспечивается при некоторых оптимальных (различных в зависимости от вида ВВР) глубинах воды. Хотя большинство видов ВВР выдерживают довольно длительное затопление даже в вегетационный период, оно действует на них угнетающе, а у некоторых видов, например, у рогоза узколистного отрицательно воздействует на созревание семян, что ухудшает процесс размножения этих растений.

Таким образом, мелиоративное сооружение для очистки (доочистки) сточных вод и возвратного стока должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) скорости движения воды должны быть минимальными;
- 2) уровни воды должны поддерживаться в оптимальных пределах, определяемых видом ВВР.
- 3) не допускается полное затопление ВВР в период летне-осенних паводков (или регулируется длительность его в зависимости от вида ВВР).
- 4) не допускается полное пересыхание воды в сооружении, если по технологическим, гидрологическим и другим причинам отсутствует подача в него стоков, поверхностных и дренажных вод.

Учитывая то, что в мелиоративном канале практически невозможно поддерживать постоянный расход воды в связи с изменением в различные гидрологические периоды объема поверхностного и дренажного стока, разработана специальная его конструкция, обеспечивающая выполнение вышеперечисленных требований. Этот канал предназначен для сбора с прилегающего водосбора загрязненного поверхностного и дренажного стока и транспортировки его (а при необходимости и стоков, дополнительно подаваемых в канал) в водоприемник с одновременной очисткой посредством ВВР.

Особенностями данной конструкции является то, что в канале трапециевидной формы поперечного сечения выполняют две бермы –

нижнюю на отметке горизонта воды в бытовой период и верхнюю – на отметке горизонта воды в период летне-осеннего дождевого паводка.

На дне канала, выполненного с чередованием участков с прямым, нулевым и обратным уклоном, но со средним уклоном в сторону водоприемника, осуществлена посадка ВВР (например, рогоза узколистного). На нижней берме и откосах канала, расположенных между нижней и верхней бермой, осуществлена посадка осоковых, на верхней берме – посадка кустарниковой растительности. Она препятствует попаданию в канал во время снеготаяния и ливней пожнивных остатков и других крупных загрязнителей. Кроме того, образующийся на них прикорневой валик у кустарника на берме не препятствует попаданию в канал поверхностного стока, а служит дополнительным фильтром.

Работоспособность предлагаемой конструкции проверялась на полевых моделях. В качестве основного макрофита использовался рогоз узколистный (общая длина участков с этой ВВР 55 м). Полевые модели были построены на специализированных оросительных системах Республики Беларусь и Российской Федерации. Осредненные результаты трехлетних исследований представлены в табл. 7.3.

Таблица 7.3. Степень очистки загрязненных вод полевой моделью биомелиоративного канала

Показатели	Концентрация ингредиентов в воде биоканала		Процент очистки
	Исток	Устье	
K ⁺	<u>132,7</u>	<u>31,1</u>	<u>69,7</u>
	142,6	11,5	91,9
Na ⁺	<u>27,7</u>	<u>9,4</u>	<u>67,5</u>
	12,2	3,6	70,0
NH ₄ ⁺	<u>219,6</u>	<u>29,1</u>	<u>71,1</u>
	63,3	3,9	93,8
Ca ²⁺	<u>50,1</u>	<u>46,3</u>	<u>12,5</u>
	34,6	25,2	27,2
Mg ²⁺	<u>23,4</u>	<u>15,7</u>	<u>35,9</u>
	16,0	8,3	48,2
NO ₃ ⁻	<u>5,4</u>	<u>1,8</u>	<u>80,9</u>
	9,4	0,7	92,6
Cl	<u>96,6</u>	<u>28,5</u>	<u>70,7</u>
	95,2	7,7	91,9
HCO ₃ ⁻	<u>886,8</u>	<u>294,9</u>	<u>53,4</u>
	335,3	120,8	64,0
PO ₄ ³⁻	<u>6,2</u>	<u>1,8</u>	<u>66,1</u>
	5,1	0,6	88,2

Примечание. В числителе приведены данные по Республике Беларусь, в знаменателе – по Российской Федерации.

Из анализа приведенных данных следует, что биомелиоративный канал обладает высокой очистительной способностью и может быть использован для очистки загрязненных вод.

Основная очистка в канале происходит в бытовой период, так как в паводковые периоды из-за разбавления чистой водой концентрация вредных веществ в стоке обычно значительно меньшая.

Поверхностный сток, поступающий в канал через его бровку, проходит многоступенчатую предварительную очистку (в основном от взвешенных веществ) на откосах и бермах канала.

Поэтому снижается вероятность заиления его русла на нулевых и отрицательных участках уклона. На этих участках создаются нормальные условия жизнедеятельности ВВР при отсутствии поступления стока в канал. При прохождении летне-осеннего дождевого паводка затопливается нижняя берма, благодаря чему резко увеличивается площадь живого сечения потока без значительного увеличения его глубины и скорости движения, поэтому ВВР на дне канала полностью не затопливается и не повреждается.

Весенний паводок проходит во вневегетационный период, поэтому его уровень не лимитирован жизнедеятельностью ВВР.

Во вневегетационный период (зимний) надземную и надводную массу ВВР сжигают или скашивают, чем предотвращается избыточное накопление на дне канала отмерших органических остатков (и заиление дна канала на участках с нулевым и обратным уклоном), а также вредных веществ, содержащихся в них.

Для доочистки возвратных вод применимы разнообразные сооружения и конструкции. Простейшим и необходимым водоохраным сооружением является оградительная сеть, препятствующая попаданию возвратного стока в гидрографическую сеть. Она выполняется или в виде ограждающих каналов, или в виде ограждающих засеваемых дамб (высота 0,5–1,5 м, заложение откосов: верхового – более 3, низового – 1,5–2,5, ширина по верху – 3 м и более). В пониженных элементах рельефа, где в сбросной канал возможно сосредоточенное поступление загрязненного поверхностного стока, можно устраивать каналы-накопители-фильтры (рис. 7.7), работающие в режиме предварительной доочистки возвратных вод. Основная доочистка в этой конструкции происходит во время фильтрации загрязненного стока через ограждающие дамбы. Для дополнительной доочистки возвратных вод в каналах-накопителях рекомендуется высаживать высшую водную растительность (ВВР).

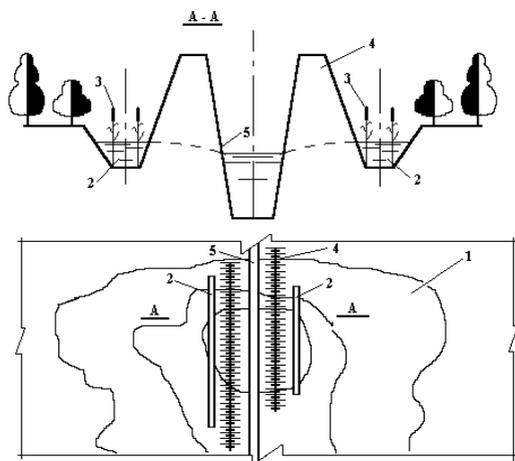


Рис. 7.7. Канал-накопитель-фильтр:
 1 – поля орошения; 2 – канал-накопитель; 3 – высшая водная растительность; 4 – ограждающая фильтрующая дамба; 5 – сбросной канал

Пруды-фильтры (рис. 7.8) работают на том же принципе, что и каналы-накопители-фильтры. Они могут устраиваться в пониженных элементах рельефа, в том числе и непосредственно на сбросном канале – на участке предварительной или основной доочистки возвратных вод.

Биологические пруды с посадками ВВР рекомендуется применять на первой стадии доочистки возвратных вод при каскадном устройстве накопителей. В качестве ВВР (макрофитов) можно использовать рогоз узко- и широколистный, камыш, тростник, аир. Конструктивно это мелководные (1–3 м) пруды с посадками ВВР, особенностью которых является наличие альго-бактериального комплекса, обеспечивающего в процессе жизнедеятельности очистку воды, в основном от биогенных элементов, органических веществ, бактерий группы кишечной палочки (БГКП), ПАВ, нефтепродуктов. Интродукция в прудах ВВР позволяет использовать дополнительный механизм очистки, свойственный сообществам макрофитов (минерализующая деятельность перифитона ВВР, поглощение и накопление загрязняющих элементов как самими макрофитами, так и фито- и бактериопланктоном, обитающим в их зарослях).

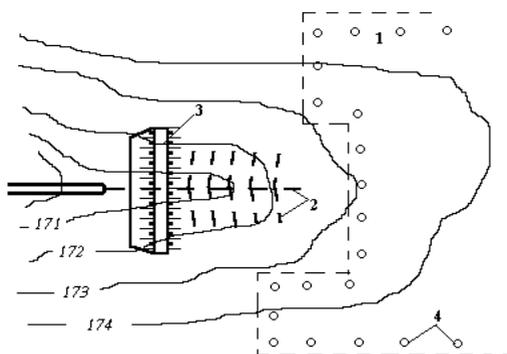


Рис. 7.8. Пруд-фильтр:
 1 – поля орошения; 2 – дренаж в ложе пруда;
 3 – дамба пруда; 4 – защитные лесополосы

В значительной мере очистительная способность зависит от вида ВВР. В среднем содержание азота снижается на 10–80 %, органических веществ – до 90 %, взвешенных веществ – до 98 %, БГКП – до 98 %.

Ориентировочные показатели очистительной способности ВВР приведены в табл. 7.4.

Для интенсификации процесса очистки стоков, в основном в безморозные периоды, предлагается использовать культуру высшей водной растительности, способную к быстрому росту, размножению и интенсивному поглощению из водной среды практически всех биогенных элементов и их соединений. Одним из экономически эффективных способов очистки (доочистки) является метод с применением тропического цветкового растения эйхорнии (водного гиацинта). Это растение является представителем высшей водной растительности, учитывая способность к быстрому росту при периодическом удалении излишков. В процессе очистки стоков с помощью эйхорнии водные объекты освобождаются от многих биогенных элементов и их соединений, значительно снижается активность тяжелых металлов и радионуклидов. Происходит разрушение органических соединений, фенолов, нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ.

Данный способ очистки и доочистки стоков гораздо менее капиталоемкий в сравнении с промышленными способами (использованием аэротенков, биофильтров и др.), но он требует использования больших

водных площадей, длителен по времени и не освобождает от необходимости периодического удаления накопившихся в прудах-отстойниках илов.

Таблица 7.4. Показатели эффективности очистки сточных вод ВВР

Контролируемый показатель	До очистки ВВР (после отстаивания)	После очистки ВВР	Процент очистки
ХПК, мг О ₂ /л	50,3	10	19,9
ВПК, мг О ₂ /л	13,7	6,4	46,7
Щелочность, мг-экв/л	2,4	2,0	83,3
Жесткость, мг-экв/л	1,6	1,0	62,5
Хлориды, мг/л	37,9	14,5	38,2
Сульфаты, мг/л	98,0	42,1	42,9
Фосфаты, мг/л	1,4	0,3	21,4
Нитриты, мг/л	6,2	0,25	4,0
Нитраты, мг/л	2,5	1,03	41,2
Аммонийный азот, мг/л	6,9	0,94	13,6
Взвешенные вещества, мг/л	280,0	42,0	15,0
Сухой остаток, мг/л	4305	10,4	0,24
Общее микробное число	2,3 ¹⁰	0,4 ¹⁰	17,4

Способность ВВР к накоплению, утилизации, трансформации многих веществ делает их незаменимыми в процессе самоочищения водоемов. Полученные данные о проведенных работах по очистке и доочистке сточных вод с помощью ВВР отвечают требованиям и санитарно-гигиеническим показателям, предъявляемым к качеству воды, выпускаемой в естественные водоемы или подаваемой в систему оборотного водоснабжения или для различных технологических целей. Наибольшая экологическая эффективность достигается при применении комплекса мероприятий (табл. 7.5)

Таблица 7.5. Экологическая эффективность водоохранных мероприятий по снижению содержания биогенных элементов в водных объектах

Наименование мероприятия	Экологическая эффективность, %
Создание в водоеме зоны высших водных растений	20–40
Систематическое скашивание осенью водной растительности	45–55
Очистка ложа от илистых отложений	20–40
Регулирование русел рек	10–30
Борьба с сине-зелеными водорослями	55–65
Оборудование мест для водопооя скота	5–15
Аэрация водоемов	30–50

Кроме биологических прудов с посадками ВВР рекомендуются приведенные ниже конструкции.

Биологические отстойники – разновидность биологических прудов. Устраиваются на водосбросных каналах в пониженных элементах рельефа в виде безуклонной выемки, которая конструктивно выполняется глубже канала на 0,3–0,5 м за счет сосредоточенного прямого и обратного уклона его (рис. 7.9). На дне отстойника высаживаются макрофиты. Крутизна откосов отстойника и канала принимается одинаковой за исключением откоса, где возможен сосредоточенный приток в канал поверхностного стока в месте пересечения каналом ложбины. Этот откос выполняется более пологим с коэффициентом заложения 3–6. Он закрепляется сплошной одерновкой. Для предварительной очистки поверхностного стока на этом откосе выполняется берма, на которой высаживается кустарниковая растительность. Сужение выходной части отстойника обеспечивает повышение скоростей движения воды в нем и самопромывку этой части отстойника от наносов в период паводка. Для этой же цели входная часть отстойника выполнена криволинейной в плане, что обеспечивает завихрение воды на входе. Размеры отстойника рассчитываются на условия необходимого времени контакта воды с ВВР в расчетный период.

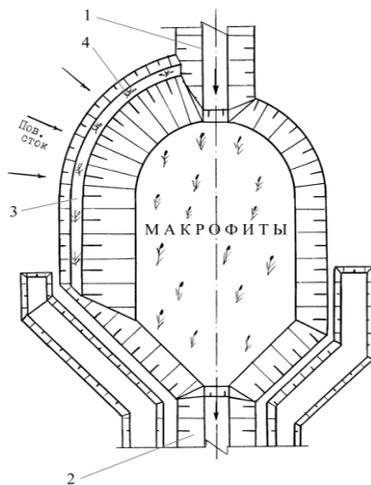


Рис. 7.9. Биологический отстойник:
1 – подводящий канал; 2 – отводящий канал;
3 – берма; 4 – кустарниковая растительность

Стоки, проходящие доочистку в таких отстойниках, должны быть предварительно очищены от взвешенных веществ, так как очистка отстойников без повреждения ВВР затруднительна.

Из условия нормальной жизнедеятельности макрофитов нежелательны большие уровни очищаемых стоков в отстойниках, поэтому подачу стоков в него желательно выполнять через водорегулирующие сооружения.

В частности, биологический отстойник можно использовать в качестве сооружения для доочистки возвратного стока, где подача очищаемой жидкости осуществляется через водосбросное регулирующее сооружение.

Размеры отстойника (площадь F , занимаемая макрофитами) определяются из соотношения

$$F = \frac{W \cdot (C_i - ПДК_i)}{V_i},$$

(7.4)

где W – объем очищаемой воды, м³;

C_i – концентрация i -го загрязняющего элемента в очищаемой воде, г/м³;

ПДК _{i} – предельно допустимая концентрация i -го элемента, г/м³;

V_i – очистительная способность макрофитов по снятию i -го загрязнителя в очищаемой воде, г/м².

Расчеты проводятся для всех загрязнителей, концентрации которых превышают ПДК. За расчетную площадь принимается наименьшая.

В данной конструкции рекомендуется использовать автоматические водосбросы, причем забор воды должен осуществляться не только с поверхности, но и из глубины накопителя – для улучшения его санитарного состояния.

Гравитационно-биологический отстойник. Его рекомендуется применять в том случае, если не обеспечена предварительная очистка стоков от взвешенных веществ. Отстойник выполняется многосекционным. Первые (по течению) секции должны осуществлять в основном механическую очистку, а последующие – биологическую. Такой отстойник может иметь различные конструктивные особенности как в плановой, так и в вертикальной компоновке. На рис. 7.10 схематично изображена конструкция симметричного гравитационно-биологического отстойника. Он устраивается на канале, образующем входную и выходную части. Первая секция отстойника в плане выполнена в виде

двух пересекающихся по оси канала окружностей. Вторая секция – в виде мелководной акватории, в плане сужающейся к выходной части. В ней культивируют макрофиты. В вертикальной плоскости вторая секция выполняется большей глубины, чем канал. Первая секция выполняется глубже, чем вторая, благодаря чему образуется струеразделительная грань.

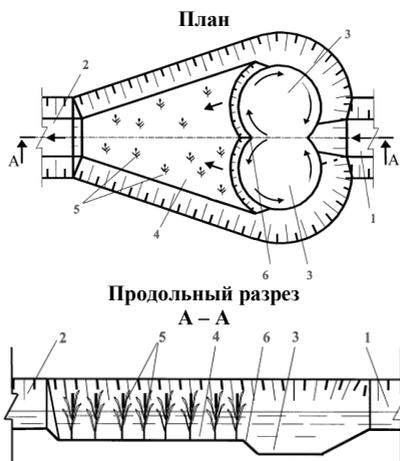


Рис. 7.10. Принципиальная схема симметричного гравитационно-биологического отстойника:
 1 – входная часть; 2 – выходная часть;
 3 – первая секция (гравитационная очистка);
 4 – вторая секция (биологическая очистка);
 5 – макрофиты; 6 – струеразделительная грань

Работает отстойник следующим образом. Загрязненный сток из канала попадает в первую секцию отстойника. Вследствие резкого увеличения площади живого сечения потока скорость движения воды уменьшается и взвешенные вещества выпадают на дно. Причем во время движения воды по первой секции отстойника поток отклоняется в стороны струеразделительной гранью. Возникает медленное круговое движение воды. Путь ее прохождения по первой секции отстойника значительно увеличивается, что способствует более полному выпадению взвешенных частиц в осадок.

По мере заполнения первой секции верхний (наиболее очищенный) слой воды переливается через струеразделительную грань и поступает

во вторую секцию с макрофитами, где происходит биологическая очистка воды.

При заилении первая секция подчищается экскаватором, макрофиты при этом не повреждаются. Возможна также ее промывка в периоды, когда содержание вредных веществ в очищаемой воде не превышают ПДК.

Вторая секция в плане выполнена сужающейся к выходной части отстойника, что приводит к постепенному увеличению скорости потока и препятствует заилению этой секции.

Радиус окружности первой секции двухсекционного отстойника по дну рассчитывается по зависимости

$$r = \frac{Q - V \cdot m \cdot h^2}{2 \cdot V \cdot h}, \quad (7.5)$$

где Q – расход очищаемой жидкости, проходящей по каналу, $\text{м}^3/\text{с}$;

V – средняя скорость движения воды по первой секции, $\text{м}^2/\text{с}$;

m – коэффициент заложения откосов первой секции;

h – глубина потока воды в первой секции при пропуске расхода, м.

Среднюю скорость потока V рекомендуется принимать в зависимости от содержания в воде илистых фракций в пределах 0,02–0,05 м/с.

Расстояние между центрами окружностей первой секции составляет

$$B = (0,7-0,8)2r, \quad (7.6)$$

Глубина второй секции отстойника принимается на 0,2–0,4 м больше глубины канала, а первой – на 1 м больше глубины второй.

Искусственные водоемы целесообразно располагать у населенных пунктов. Чистота и красота водотоков сохраняются благодаря естественным зеленым водоохранным зонам. Если таких зон нет, создают новые лесные насаждения.

Положением о водоохраных 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 водоохраных 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 км²) и 500 м (при площади 2 км² 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. В пределах прибрежных защитных полос запрещаются распашка земель, применение удобрений, выпас и организация летних лагерей скота, размещение палаточных городков, движение автомобилей и т. д. Разрешается прогон скота только к традиционным местам водопоя. Прибрежные полосы, как правило, залужают или занимают древесно-кустариковой растительностью.

7.6. Приемы снижения загрязнения радионуклидами сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях

Известно, что в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС большие территории сельскохозяйственных угодий подверглись радионуклидному загрязнению. Однако 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 (1993–1995 гг.). В основу рекомендаций положены Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах и питьевой воде, а также в сельскохозяйственном сырье и кормах (РДУ-92).

Для снижения содержания радионуклидов в растениеводческой продукции применяют различные методы. Среди них особое место занимают мелиоративные мероприятия. Строительство новых и реконструкцию существующих мелиоративных систем допускается проводить на участках с плотностью загрязнения радионуклидами цезия-137 на минеральных землях до 15 Ки/км², а на торфяных – до 5 Ки/км². При этом средний уровень загрязнения всех используемых земель в хозяйстве не должен превышать 5 Ки/км². При плотности загрязнения территории радионуклидами до 5 Ки/км² ограничения на хозяйственную деятельность не устанавливаются, но в этом случае необходимо предусмотреть меры, направленные на снижение внешнего и внутреннего облучения. В связи с тем, что наибольшее загрязнение имеет верхний слой почвы, мероприятия должны быть направлены на то, чтобы корневая система растений потребляла питательные элементы с глубин, наименее подверженных загрязнению.

Другой мерой снижения загрязнения является перемещение загрязненной почвы на глубины ниже корнеобитаемого слоя почвы. И, наконец, действенной мерой по уменьшению загрязнения является внесение минеральных удобрений – кальция и калия.

На землях избыточного увлажнения рекомендуется проектировать осушительно-увлажнительные системы. При этом наименьший вынос радионуклидов с урожаем сельскохозяйственных культур во время вегетации наблюдается при следующих глубинах грунтовых вод на пахотных угодьях: в ранний весенний период – 0,6–0,9 м, в июне – 0,8–1,1 м, в начале июля – 1,8–1,4 м. Для кормовых угодий ранней весной уровни грунтовых вод должны находиться на глубине 0,6–0,9 м, а в остальной период вегетации – на глубине 0,9–1,0 м. Связано это с тем, что корневая система растений проникает вглубь вслед за понижающимся уровнем грунтовых вод, минуя загрязненный слой почвы и потребляя из него минимальное количество радионуклидов. Снижение УГВ на полях, занятых зерновыми культурами, в течение вегетационного периода должно быть плавным. Периодические подъемы уровня грунтовых вод на 0,3–0,5 м от поверхности земли можно проводить в засушливые периоды только при выращивании многолетних трав.

При невозможности создания осушительно-увлажнительных систем легкие почвы рекомендуется осушать только открытой сетью. Способы осушения связных почв выбирают исходя из конкретных условий с учетом положений, изложенных выше. При этом расчетное

расстояние между элементами регулирующей сети на объектах грунтового и атмосферного водного питания необходимо снижать (расчетное умножать на понижающий коэффициент 0,8). Это позволит более качественно и оперативно управлять водно-воздушным режимом мелиорируемых земель. Корневая система растений будет лучше связана с положением грунтовых вод и влажностью почвы, что способствует потреблению влаги из чистых или менее загрязненных слоев почвы.

Для предотвращения выноса радионуклидов за пределы объекта и поступления их на объект с прилегающих загрязненных территорий в составе мелиоративных систем предусматривается комплекс специальных сооружений. В их состав включают отстойники на каналах, оградительную сеть, дамбы, валы.

Для задержания загрязненного грунта, смываемого с полей, следует проводить залужение откосов каналов и прибрежных природоохранных полос.

Если на мелиорируемом объекте предусматривается удаление древесно-кустарниковой растительности, необходимо также учитывать радиоактивное загрязнение коры этой растительности. Если плотность загрязнения коры кустарника редкой и средней густоты составляет до $5 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг, а густого $2 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг, древесно-кустарниковая растительность укладывается в валы, располагаемые параллельно друг другу. Если же загрязнение коры древесно-кустарниковой растительности указанной густоты превышает соответственно $5 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг и $2 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг, раскорчеванную и срезанную растительность необходимо прикрыть грунтом. Для этого делают специальные траншеи или валы посередине между закрытыми дренами или собирателями. Слой грунта над засыпаемыми валами должен составлять не менее 0,8 м.

Чтобы исключить перемещение радионуклидов в песчаных грунтах, древесно-кустарниковая растительность в траншеях укладывается на подушку толщиной 0,25 м, отсыпаемую из торфа, связной супеси, суглинка или глины. Допускается также проводить захоронение верхнего радиоактивного слоя почвы.

Если почвы до загрязнения не обрабатывались, эффективным мероприятием является снятие загрязненного слоя толщиной 8–10 см с последующим размещением в траншеях с присыпкой чистым грунтом слоем не менее 0,8 м.

На торфяниках мощностью более 0,7 м хороший эффект дает запашка загрязненного слоя на глубину 0,7–1,2 м с полным оборотом пласта.

На связанных минеральных землях рекомендуется запашка загрязненного слоя на 5–6 см глубже подошвы пахотного слоя. В этих условиях также полезно рыхление на глубину до 0,6–0,7 м с внесением калийных удобрений и негашеной извести.

Запашка верхнего слоя на глубину 0,4–0,6 м снижает загрязненность продукции в 2 раза. Понижение уровня грунтовых вод с 0,5 до 0,9–1,2 м уменьшает загрязнение в 1,5–2 раза. Применение в оптимальных дозах удобрений (калия и кальция), являющихся аналогами цезия и стронция, уменьшает загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами в 2–4 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 задач. 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.

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, увеличиваются мелкоконтурность и закустаренность сельхозугодий.

Прогнозируемые учеными глобальные изменения климата, негативные процессы в земледелии показывают, что альтернативы экологически сбалансированному природопользованию в Республике Беларусь нет. Основные направления развития мелиорации на современном этапе сводятся к следующему:

- 1) мелиорация является одной из основных составляющих развития сельского хозяйства, которая обеспечивает 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, гарантирует возвратность кредитов, а также рост трудовой занятости населения, смягчает социальную напряженность;

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. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации: учебник для студентов вузов / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
2. Лагун, Т. Д. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие для студентов высш. с.-х. учеб. заведений / Т. Д. Лагун. – Минск: Тонтик, 2008. – 384 с.
3. Желязко, В. И. Сельскохозяйственные мелиорации. Мероприятия по организации стока и отвода поверхностных вод: учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич, И. А. Левшунов. – Горки: БГСХА, 2019. – 111 с.
4. Желязко, В. И. Сельскохозяйственные мелиорации: учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич. – Горки: БГСХА, 2020. – 250 с.
5. Мелиоративная энциклопедия: в 3 т. / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации; сост.: Б. С. Маслов; гл. ред. А. В. Колганов. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2003–2004. – Т. I–III.
6. Лихацевич, А. П. Мелиорация земель в Беларуси / А. П. Лихацевич, А. С. Меевровский, Н. К. Вахонин. – Минск: БелНИИМил, 2001. – 308 с.
7. Мелиорация. Энциклопедический справочник / под ред. А. И. Мурашко. – Минск: Белорусская советская энциклопедия, 1984. – 567 с.
8. Сохранение и повышение продуктивности мелиорируемых земель центра Нечерноземной зоны России и Беларуси: монография / под общ. ред. Ю. А. Можайского, А. П. Лихацевича. – Рязань: Ряз. гос. с.-х. акад., 2005. – 582 с.
9. Водный кодекс Республики Беларусь: 15 июля 1998 г., № 191-3: принят Палатой представителей 18 июня 1998 г.: одобр. Советом Респ. 29 июня 1998 г.: текст Кодекса по сост. на 25 авг. 2006 г. – Минск: Белбизнеспресс, 1998. – 50 с.
10. Маслов, Б. С. Мелиорация вод и земель / Б. С. Маслов. – Минск: Попирек, 2000. – 251 с.
11. Прогноз изменения окружающей природной среды на 2005–2010 годы / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2004. – 150 с.
12. Желязко, В. И. Основы природообустройства: учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко. – Горки: БГСХА, 2019. – 232 с.
13. Сохранение и использование мелиорируемых земель на 2011–2015 годы: Респ. программа. – Минск: Белмелиоводхоз, 2010. – 11 с.
14. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. – Минск: Минсктиппроект, 2006. – 106 с.
15. Мелиоративные системы и сооружения. Организация работ по проектированию, строительству и эксплуатации. КМДМ 1.06 – 01 / М-во сел. хоз-ва Респ. Беларусь. – Минск, 2006. – 56 с.
16. О мелиорации земель: Закон Респ. Беларусь от 23 июля 2008 г. № 423-3 // Нац. реестр. правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 184. – 2/1520.
17. Ефремов, А. Л. Гидротехнические мелиорации: учеб. пособие для студентов вузов / А. Л. Ефремов. – Минск: БГТУ, 2008. – 240 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕЛИОРАЦИИ.....	5
1.1. Сущность мелиорации земель.....	5
1.2. Мелиоративный фонд и особенности мелиорации в Республике Беларусь.....	6
1.3. Краткий исторический обзор развития мелиорации.....	9
1.4. Классификации мелиораций и их комплексность.....	12
1.5. Планирование и организация мелиоративных работ в Республике Беларусь.....	13
2. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ И ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ.....	19
2.1. Цель и условия применения осушительных мелиораций.....	19
2.2. Виды земель, подлежащих осушению.....	21
2.3. Болота и заболоченные земли.....	24
2.4. Водно-физические свойства почв.....	26
3. ТРЕБОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К ВОДНОМУ РЕЖИМУ ПОЧВЫ.....	33
3.1. Водный баланс участка земли.....	33
3.2. Режим осушения.....	39
3.3. Типы водного питания и причины избыточного увлажнения.....	45
3.4. Методы и способы осушения земель.....	49
4. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ.....	55
4.1. Состав и назначение элементов осушительной системы.....	55
4.2. Назначение и виды регулирующей сети осушительной системы.....	58
4.3. Конструкции открытой и закрытой регулирующей сети.....	61
4.4. Мероприятия и сооружения по организации поверхностного стока.....	84
4.5. Проводящая и ограждающая сети осушительной системы.....	93
4.6. Водоприемники осушительных систем.....	117
4.7. Осушение пойменных земель.....	123
4.8. Осушительно-увлажнительные системы.....	130
4.9. Специальные виды осушения.....	136
4.10. Гидротехнические сооружения и дороги на осушительной и осушительно-увлажнительной системах.....	148
4.11. Эксплуатация и реконструкция осушительных систем.....	154
5. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ.....	177
5.1. Потребность в орошении и его распространение.....	177
5.2. Основные виды и способы оросительных мелиораций.....	179
5.3. Оросительные системы.....	183
5.4. Режим орошения сельскохозяйственных культур.....	186
5.5. Орошение дождеванием.....	208
5.6. Классификация дождевальных устройств и требования к ним.....	219
5.7. Поверхностные самотечные поливы.....	242
5.8. Ресурсосберегающие способы и технологии орошения.....	252
5.9. Поливы в особых условиях.....	269
5.10. Источники воды для орошения.....	277
5.11. Сооружения, дороги и защитные лесные насаждения на оросительных системах.....	286

6. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ВИДЫ МЕЛИОРАЦИЙ.....	291
6.1. Требования, предъявляемые к культуртехническим мелиорациям.....	291
6.2. Способы удаления древесно-кустарниковой растительности.....	293
6.3. Первичная обработка и окультуривание почвы.....	303
6.4. Химическая мелиорация.....	310
6.5. Мелиорация рельефа.....	314
6.6. Структурная мелиорация.....	316
6.7. Мелиорация земель, загрязненных радионуклидами.....	317
6.8. Особые виды мелиораций.....	319
7. МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	321
7.1. Понятие об охране окружающей среды.....	321
7.2. Принципы использования мелиорируемых земель.....	325
7.3. Эрозия почвы и противоэрозионные мероприятия.....	329
7.4. Природоохранные мероприятия в условиях мелиорации.....	335
7.5. Инженерно-технические мероприятия по охране вод при орошении сточными водами.....	340
7.6. Приемы снижения загрязнения радионуклидами сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях.....	357
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	360
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	362